



Biogeoquímica dels fluxos de partícules en canyons submarins de la Mediterrània nord-occidental: Els efectes de les cascades d'aigües denses de plataforma

*Biogeochemistry of particle fluxes in submarine canyons of
the Northwestern Mediterranean Sea:
The effects of dense shelf water cascading*

Catalina Pasqual Mas

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**BIOGEOQUÍMICA DELS FLUXOS DE PARTÍCULES EN
CANYONS SUBMARINS DE LA MEDITERRÀNIA NORD-OCCIDENTAL:
ELS EFECTES DE LES CASCADES D'AIGÜES DENSES DE PLATAFORMA**

*BIOGEOCHEMISTRY OF PARTICLE FLUXES IN SUBMARINE CANYONS OF
THE NORTHWESTERN MEDITERRANEAN SEA:
THE EFFECTS OF DENSE SHELF WATER CASCADING*

Memòria de Tesi Doctoral presentada per

Catalina Pasqual Mas

per a optar al grau de Doctora per la Universitat de Barcelona.

Programa de Doctorat de "Ciències del Mar", adscrit al Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (bienni 2006-2008).

Barcelona, març de 2011.

La Doctoranda,

El Director,

La Directora,

Catalina Pasqual Mas

Antoni M. Calafat Frau

Anna Sànchez Vidal

Capítol 7

Resum i discussió dels resultats

Tot seguit es presenta un resum de les dades (vegeu una descripció més completa als capítols 2 - 6) i l'anàlisi de la variabilitat temporal i espacial de la magnitud i composició dels fluxos de partícules posant especial èmfasi en la OM. En referència a la variabilitat temporal s'han definit diferents períodes en funció dels paràmetres sedimentaris (fluxos de massa) recolzats per factors hidrodinàmics (velocitat dels corrents i temperatura de l'aigua) i biogeoquímics (composició de les partícules i característiques de la OM). Pel que fa a les diferències espacials, s'han identificat, a grans termes, dos ambients sedimentaris: en primer lloc, les estacions situades pròpiament dins els canyons, és a dir, la zona alta i mitjana i, en segon lloc, les situades en les zones baixes dels canyons i en el talús, les quals s'han anomenat, respectivament, zona de canyó i zona d'oceà obert.

Variabilitat temporal

7.1.1 La cascada d'aigua densa de plataforma durant l'hivern de 2006 (gener-març)

Durant els mesos de gener, febrer i març de 2006, es van enregistrar increments en la velocitat del corrent d'aigua amb una direcció canyó avall, associats amb un descens de la temperatura (Fig. 2.3). Per exemple, a la zona mitjana del canyó de Cap de Creus es detectaren pics puntuals en la velocitat de la massa d'aigua que arribaren fins a $73,6 \text{ cm s}^{-1}$ mentre que la temperatura disminueix de 13 a 12°C (Fig. 7.1a, b). Aquestes anomalies tèrmiques, i la velocitat i direcció dels corrents detectats al fons de la columna d'aigua, indiquen que durant els primers mesos de l'any 2006 tingué lloc un esdeveniment de DSWC.

L'arribada de grans quantitats de material (valors de fins a $90 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a la part mitja del canyó de Cap de Creus) durant els mesos en que tingué lloc la DSWC, indica que aquest procés fou el factor principal de control dels fluxos de partícules al marge del sud-oest del golf de Lleó (Fig. 7.2a). En general, la DSWC causà un augment dels fluxos de massa a gairebé totes les trampes de sediment. En comparació als altres períodes estudiats, el material sedimentat durant aquest període presentà una composició relativament homogènia: 63,3% siliciclàstic, 30,0% de CaCO_3 , 3,2% de OM, i un 1,5% d'òpal (Taula 7.1). Aquests valors són similars a la composició dels sediments superficials de la plataforma i del talús superior (31% de CaCO_3 , 4% de OM i un percentatge d'òpal gairebé absent o per sota dels límits de detecció (Roussiez et al., 2006). Aquest fet, juntament amb la direcció canyó avall dels corrents (Fig. 2.3b), evidencia que el material dipositat a les trampes de sediment durant la cascada prové de la resuspensió de material de plataforma.

Durant el període de la DSWC, gener, febrer i març de 2006, sedimentaren a la zona mitjana del canyó de Cap de Creus el 83,5% de la massa sedimentada durant tot el període d'estudi (octubre 2005 - octubre 2006) (Taula 7.1). És a dir, $3,5 \text{ kg m}^{-2}$ i fins a 1 kg m^{-2} a la part baixa del canyó i les estacions del talús mitjà. Tot i la dilució de la OM dins la matriu siliciclàstica durant l'esdeveniment, és durant la DSWC quan sedimentà la major massa de OM a totes les estacions (Taula 1). Per a les estacions CCC1000 i SOS1000, per exemple, el 75% del total del flux de OM registrat durant més d'un any es va establir durant el període de DSWC principal, que representa fins a $80,7 \text{ g m}^{-2}$ a l'estació de CCC1000. Per tant, es pot dir

Table 7.1. Massa total (TM, g m⁻²) i contribució relativa (%) de la massa total, la matèria orgànica (OM), l'òpal, el carbonat de calci (CaCO₃) i els siliciclasts sedimentats durant la DSWC. *Sèrie temporal no completa.

Station	Total		OM		Òpal		CaCO ₃		Siliciclasts	
	TM	%	TM	%	TM	%	TM	%	TM	%
LDC300	134,5	5,7	4,40	5,33	1,71	6,64	36,52	5,33	91,83	5,93
LDC1000 (500 mab)	568,9	56,0	19,57	44,25	7,93	28,71	160,21	56,03	381,23	57,95
LDC1000*	1102,2	56,0	28,11	47,83	6,56	25,76	332,59	57,11	734,90	56,42
LDC1500	366,2	76,2	11,90	65,28	6,62	42,50	113,76	78,57	233,89	77,60
CCC300*	N.D.		N.D.		N.D.		N.D.		N.D.	
CCC1000	3487,0	83,5	80,70	75,12	15,81	44,52	968,02	83,34	2422,48	84,30
CCC1500	315,8	71,7	10,14	59,93	5,54	38,24	95,21	73,02	204,91	73,62
CCC1900	117,3	48,1	3,86	38,41	2,05	22,90	38,40	48,94	72,99	49,88
SOS1000	1028,6	86,6	26,38	75,46	6,58	45,31	290,10	87,55	705,57	88,09
SOS1900	177,3	60,6	5,30	48,94	3,04	28,46	60,79	64,00	108,12	63,26

que aquest esdeveniment actuà com una eficient bomba de C de plataforma, transferint grans quantitats de C des de la plataforma fins al fons de conca. Així, la DSWC suposà una aportació extra de OM als canyons submarins i al talús en un període de temps molt curt (3 mesos).

PRIMER POLS (GENER). El primer pols d'aigua tingué lloc durant el mes de gener de 2006 i causà un increment dels fluxos de massa a tot el marge, amb l'excepció de la zona alta del canyó de Lacaze-Duthiers (Fig. 7.2a). Per exemple, a la zona més distal on conflueixen els dos canyons (CCC1900), el flux de OM augmentà de 5,93 a 40,46 mg m⁻² d⁻¹ des de finals de desembre fins a la primera quinzena de febrer. Tanmateix, tot i l'augment dels fluxos durant el primer pols de la DSWC, la concentració de OM, així com també la dels biomarcadors més làbils (pigments i aminoàcids) (Figs. 4.3, 4.5, 7.2), assolí valors mínims. Aquest fet indica que el material transportat durant el primer pols de la DSWC és relativament pobre en OM i que aquesta OM està relativament degradada. A més a més, els valors de δ¹³C_{OC} mostren una disminució a totes les estacions a principis de gener de 2006, amb un mínim en el curs mitjà del canyó de Cap de Creus (-25,5 ‰). Els valors de δ¹⁵N registrats a les mateixes mostres de principi de gener de 2006 presenten també un pic, màxim en aquest cas (fins 6,6 ‰). Ambdós extrems suggereixen l'elevada contribució de OM terrestre. Per tant, durant el primer pols de la DSWC la OM transportada és més degradada, i amb una major contribució de OM terrestre, en particular en el curs superior del canyó Cap de Creus.

SEGON POLS DE DSWC (MARÇ). El segon pols d'arribada d'aigües de la plataforma tingué lloc a final de març (principi d'abril en la zona baixa del talús) (Fig. 7.1a), coincidint amb el bloom fitoplanctònic (Fig. 7.1c). Quantitativament, els fluxos de massa són, en general, menors que els detectats durant la primera cascada i s'observa un enriquiment en el contingut de OM i òpal (Fig. 7.2b, c). A més a més, a final de març, abril i maig, coincidint amb el segon pols de la DSWC, es detecten fluxos elevats de cloropigments a gairebé totes les estacions (Fig. 4.3), amb valors de fins a 0,7 mg C_{pig} m⁻² d⁻¹ a la zona mitjana del canyó de Cap de Creus. Les concentracions d'aquestes molècules en les partícules recollides durant aquest període es troben entre les més altes observades durant el període d'estudi (43,0 i 42,2 µg C_{pig} g⁻¹ a les parts baixes dels canyons de Lacaze-Duthiers i Cap de Creus, respectivament) (Fig. 4.3). De fet, és durant aquest període quan la quantitat de C procedent dels pigments és major, oscil·la entre 0,08% a la zona de convergència de canyons fins a 0,2% a la zona mitjana del canyó de Cap de Creus. Fins i tot, es va detectar Chl inalterada, a la zona mitjana i a la zona baixa dels canyons. A més a més, la composició isotòpica de la matèria orgànica indica una major aportació de OM marina al final del període de la DSWC (el δ¹³C_{OC} presenta un enriquiment en isòtops pesats, de valors de -21,9‰ a valors de -23‰, mentre que el δ¹⁵N presenta un enriquiment en els isòtops lleugers, amb valors al voltant de 0,0‰) (Fig. 7.3). Per tant, hi ha nombrosos evidències que demostren una entrada de OM marina fresca, la qual arribà fins i tot a les regions més profundes dels dos canyons.

Llavors, apareix la qüestió sobre si aquesta OM fresca prové del bloom superficial que es va desenvolupar durant març i abril sobre les estacions (sedimentació pelàgica), o bé d'un bloom costaner que es va desenvolupar a partir de mitjan febrer fins a mitjan

d'abril de 2006 (Fig. 7.1c). Experiments recents amb trampes de sediments ubicats en mar oberta han detectat fluxos mínims de partícules d' $1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a la conca balear (Zúñiga et al., 2008) i de $33 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a l'estació de mostreig de DYFAMED (Lee et al., 2009)

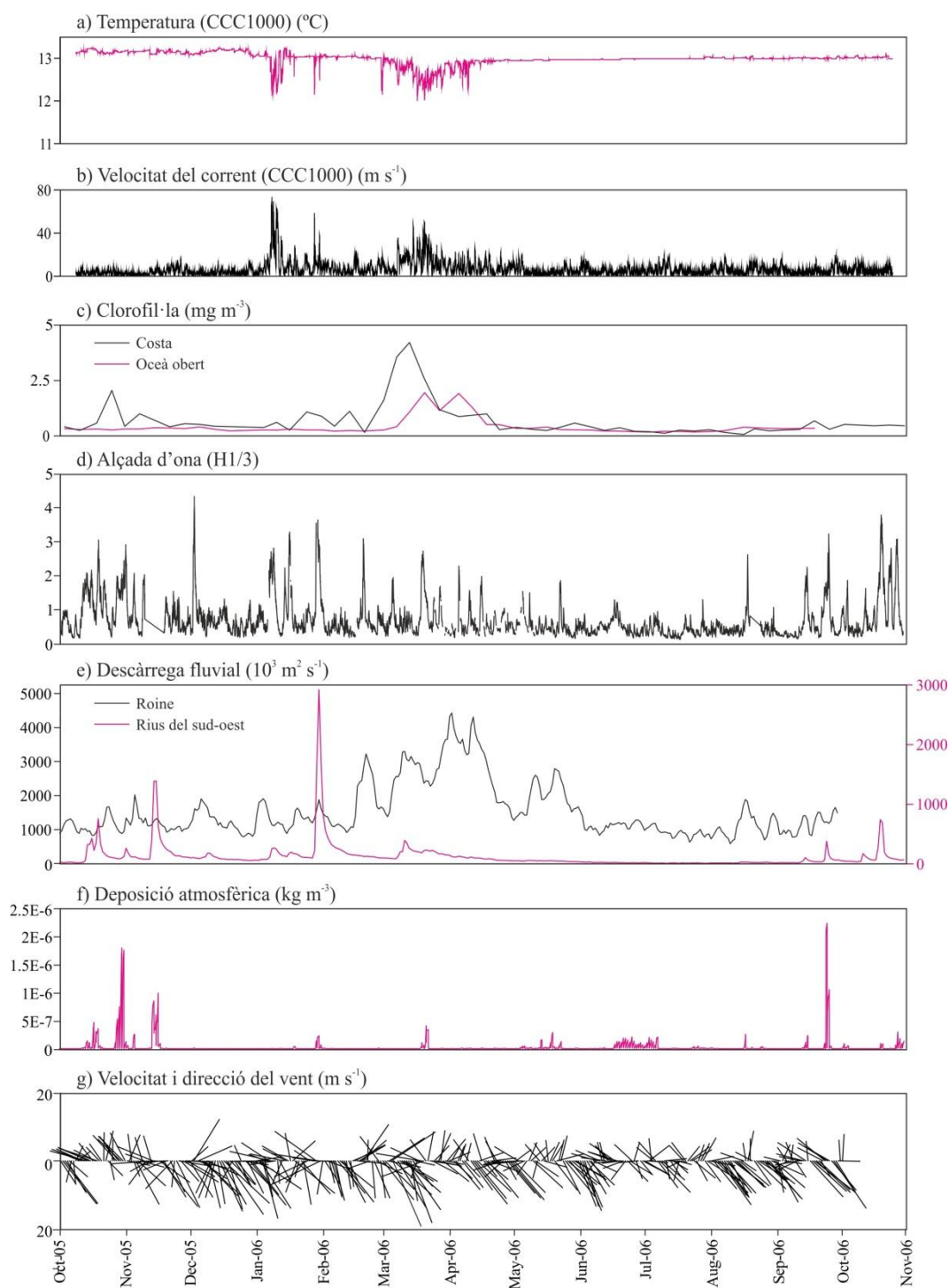


Fig. 7.1. a) Temperatura i b) velocitat de corrent mesurades a la trampa situada a la zona mitjana del canyó de Cap de Creus. c) Concentració de clorofil·la superficial mesurada a l'estació SOLA, a 1 km de Banyuls sur Mer (negre) i la concentració de clorofil·la superficial de la zona d'estudi obtinguda a partir de les dades de satèl·lit (rosa). D) Alçada d'ona mesurada a l'estació de Seté. E) Descàrrega fluvial de riu Roine (negre) i del rius del sud-oest (Hérault, Orb, Aude i Tet) (rosa). F) Deposició atmosfèrica sobre la zona d'estudi i g) velocitat i direcció del vent.

fet que suggereix una exportació pelègica contínua de materials des de la zona fòtica. Pel que fa als cloropigments, tot i que s'han mesurat fluxos de fins a $0,49 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en l'estació de DYFAMED, a 200 m de profunditat, durant el bloom primaveral, en general els fluxos foren molt més baixos (Wakeham et al., 2009; Abramson et al., 2010). Aquestes dades indiquen que el fluxos de cloropigments detectats en aquest experiment, al manco a les zones altes i mitjanes dels canyons, són significativament elevats (Fig. 4.3). De fet, en els talussos continentals els fluxos de massa presenten valors 3 ordres de magnitud majors que els detectats en zones "aïllades" dels continents. Per tant, tot i que no es pot negar que hi hagi hagut una aportació pelègica, podem concloure que l'arribada de quantitats relativament altes de OM marina fresca, als canyons i al talús, va ser afavorida per la cascada d'aigua densa. Llavors, podem afirmar que, quan la DSWC coincideix amb el bloom fitoplanctònic, a més de suposar una aportació extra de OM als ecosistemes del marge continental, suposa una aportació de OM més fresca i per tant, més làbil i aprofitable pels organismes afectats.

7.1.2 Estiu i tardor

ZONA DE CANYÓ. Fora del període de la DSWC (tan abans d'aquesta com després, és a dir, fora dels mesos de gener, febrer i març de 2006) les zones de canyó (zona mitjana) van presentar un flux continu de material amb mitjanes compreses entre $2,6 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a l'estació CCC1000, i $8,5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a l'estació de LDC300 (Taula 7.1). Els valors mitjans mesurat a l'estació del curs mitjà del canyó de Lacaze-Duthiers, $3,4 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, és prou similar a la mitjana del període 1998-2006 de $3,7 \text{ g}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Heussner et al., 2006), la qual cosa indica que aquests fluxos poden representar una situació d'equilibri, a diferència de la detectada durant la DSWC.

Durant el període immediatament posterior a la DSWC, es va detectar un màxim de concentració de lignina associada al material litogènic, el qual es presentà amb un cert retard a mesura que s'allunyava de les capçaleres dels canyons (Fig. 7.3e). Així, en la part superior del canyó el pic s'observà al maig, en el ca-

nyó mitjà al juny, i al baix i al talús superior al juliol, mentre que, en les estacions més distals els pics foren detectats a l'agost. Aquesta tendència suggereix que, durant aquest període de "post-cascada", es va produir la sedimentació de partícules fines relativament enriquides amb lignina, les quals foren, possiblement, mobilitzades durant la temporada de cascada. Per tant, en condicions de repòs (fluxos de massa $\approx 1 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), el material recollit va presentar majors concentracions normalitzades de fenols derivats de la lignina, enfront de les concentracions durant la temporada de cascada.

Durant la tardor de 2005 (abans de la cascada) i a final d'estiu i tardor d'estiu i tardor de 2006, els fluxos de massa total a la zona de canyó varen augmentar, i el material recollit a les estacions situades en la "zona de canyó" va esdevenir qualitativament similar al que sedimentà durant la DSWC (Fig. 7.2). Aquest fet denota la transferència, un altre cop, d'una mescla homogeneïtzada de sediments procedents de la plataforma continental del golf de Lleó. La intensificació de l'advecció de materials es va registrar de forma concomitant a l'augment de les onades i a la descàrrega dels rius de l'oest, durant els mesos de finals d'estiu i tardor (Fig. 7.1d, e). Aquestes observacions estan en consonància amb les hipòtesis de Bonnin et al. (2008) i Palanques et al. (2008), que suggereixen que la sedimentació de partícules al golf de Lleó té lloc principalment a la part superior dels canyons durant les temporades de primavera i tardor, a causa de les condicions d'estratificació que inhibeixen l'enfonsament de la massa d'aigua. Al contrari, durant l'hivern i quan la columna d'aigua no es troba estratificada, el depocentre es pot situar a zones més baixes dels canyons.

ZONA D'OCEÀ OBERT. Després dels pics màxims dels fluxos de massa enregistrats a final de març de 2006 (a principis d'abril de 2006 a l'estació de SOS1900), el flux de massa total en el canyó inferior, a la boca del canyó i a les estacions situades al talús va disminuir progressivament, i no va arribar a valors similars als valors anteriors a la DSWC fins a final de l'estiu de 2006 (Fig. 7.2a). Aquesta tendència atenuada fou, probablement, conseqüència de la sedimentació de material de les capes nefelines intermitjanes o inferiors, produïdes durant la DSWC, però també és proba-

ble que l'addició de partícules d'origen pelàgic hi jugués un paper important.

Durant l'estiu, s'enregistraren concentracions elevades d'OM a les parts baixes dels canyons i al talús, associades a fluxos de massa baixos (Fig. 7.2a). De fet, aquests fluxos de massa són del mateix ordre que els detectats en el centre de la conca balear durant un experiment amb trampes de sediments, en el qual les mitjanes dels fluxos de masses estan per sota de $400 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Zúñiga et al., 2007). Com que les velocitats durant l'estiu i la tardor en aquesta zona eren baixes (Fig. 3.2), es podia esperar poca advecció lateral i, per tant, que els fluxos pelàgics esdevinguessin una part significativa del flux de massa total. De fet, a finals de juliol i agost de 2006 es detecten pics de fluxos de massa, OM, òpal, CaCO_3 i continguts mínims siliclàstiques (Fig. 7.2). Concretament, l'agost es caracteritza per entrades d'OM amb concentracions elevades de OM marina, tal com indica la quantitat de C procedent de pigments i l'enriquiment en aminoàcids. Per tant, les dades suggereixen que la productivitat marina a la zona fòtica és una font important de partícules i OM fresca durant aquest període, tot i que aparentment no es detectaren blooms superficials (Fig. 7.1c).

Durant l'estiu, la columna d'aigua està estratificada, amb un màxim de clorofil·la ben desenvolupat en profunditat (Estrada et al., 1993). En aquestes condicions, la productivitat primària s'ha relacionat amb el desenvolupament de comunitats diazotròfiques (Martin et al., 2002, 2009) que poden induir els esdeveniments de transferència vertical (Migón et al., 2002), els quals podrien explicar l'augment de TMF. Així mateix, la OM sedimentada en les trampes de sediment durant l'agost presenta valors de $\delta^{15}\text{N}$ més baixos, que es podrien associar a la fixació de N_2 (Sanchez-Vidal et al., 2009).

Diversos estudis a la mar Mediterrània han suggerit que, a més dels processos estacionals com els blooms de primavera, hi ha altres esdeveniments que controlen els fluxos de compostos làbils dins la columna d'aigua. De fet, l'augment dels fluxos s'ha associat amb aportacions atmosfèriques de pols (Zúñiga et al., 2007; Lee et al., 2009; Patara et al., 2009; Ternon et al., 2010), i també amb episodis de vent que debiliten

l'estratificació tèrmica, alhora que possibiliten el desenvolupament de bloom secundaris (Goutx et al., 2000) o promouen l'assentament de material acumulat en la picnoclina (Martín et al., 2010). Ternon et al. (2010) concloué que l'exportació eficient de pols del Sàhara i de partícules de OC de de la superfície cap al fons de la columna d'aigua dependrà de la intensitat dels esdeveniments de pols del Sàhara i dels processos hidrològics que barregen l'aigua. De fet, el juliol de 2006 fou un mes amb elevades taxes de deposició de pols del Sàhara a la zona d'estudi (Fig. 7.1f), la qual pot haver induït el desenvolupament de blooms fitoplanctònics secundaris. A més a més, fou un període afectat per vents del nord (Fig. 7.1g), els quals poden haver afavorit una ràpida transmissió dels senyals de la superfície de la columna d'aigua cap a la zona profunda. Els biomarcadors terrestres també indiquen un canvi en la composició del material sedimentat durant els mesos de juliol i agost. Es detecta un increment de la ràtio CP/VP i de CA, suggerint aportacions elevades de pol·len i teixits blans de plantes (Fig. 6.5). La sincronia dels pics de CP/VP detectada a tot el marge continental, així com la deposició atmosfèrica de pols detectada prèviament al mes de juliol (Fig. 7.1), indiquen que les aportacions atmosfèriques poden adquirir una important rellevància en certs períodes de l'any.

Durant la temporada de tardor anterior a la cascada (novembre - desembre de 2005), també es detectà un pic de fluxos de massa a les estacions situades en la zona d'oceà obert. Durant el mes de desembre, es detectaren valors elevats d'OM i òpal associat a pics en la concentració de pigments a les estacions de LDC1500 ($69,1 \mu\text{g C-pig g}^{-1}$), CCC1500 ($34,4 \mu\text{g C-pig g}^{-1}$) i SOS1000 ($21,8 \mu\text{g C-pig g}^{-1}$). Aquestes mostres també presenten una major contribució dels aminoàcids al total de OC (Fig. 7.3a). Tal i com s'ha assenyalat en el cas de l'agost, normalment durant el mes de desembre no tenen lloc blooms de fitoplàncton (Lefervé et al., 1996; Marty et al., 2002).

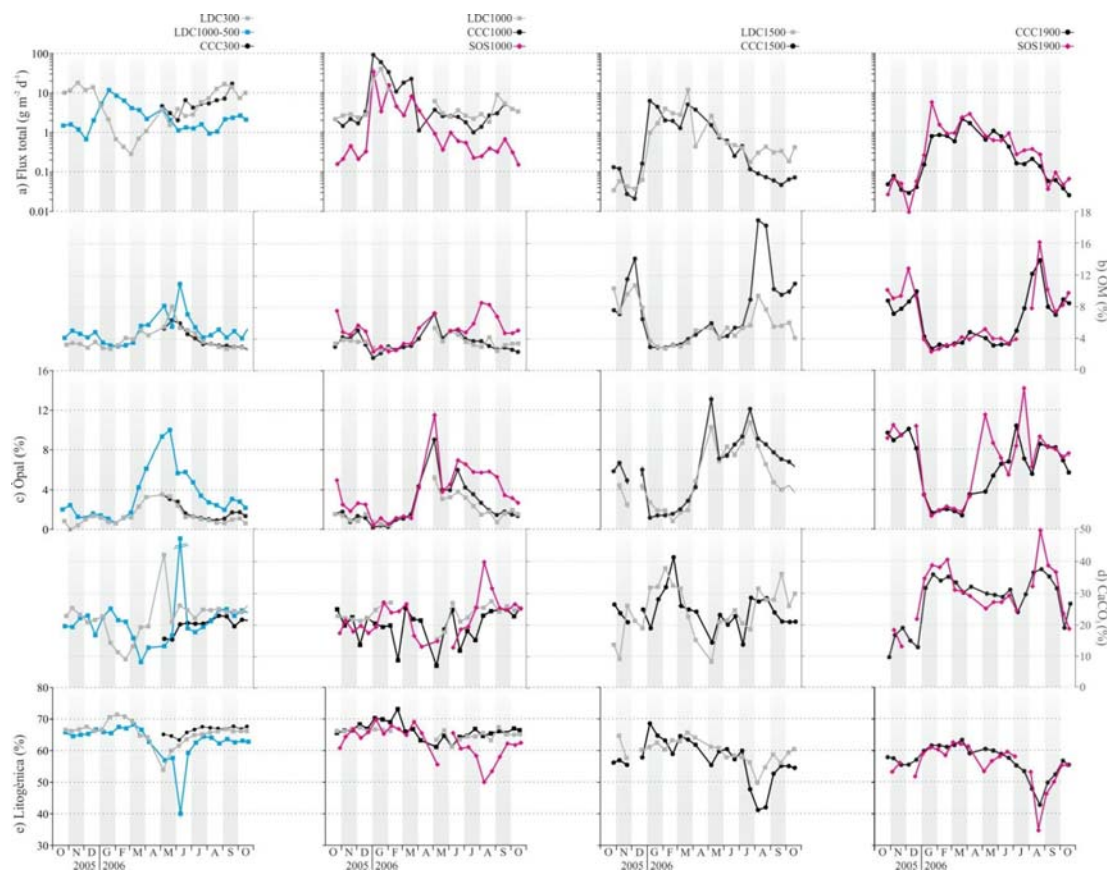


Fig. 7.2. a) Flux total de massa i concentració de matèria orgànica (OM) (b), òpal (c), carbonat de calci (CaCO₃) (d) i litogènics (e), a les diferents estacions mostrejades. S'hi representen les sèries temporals de cada estació per a cadascun dels transectes estudiats: Lacaze-Duthiers (gris), Cap de Creu (negre) i el talús (rosa). En blau s'hi representen les sèries temporals de la trampa LDC1000-500.

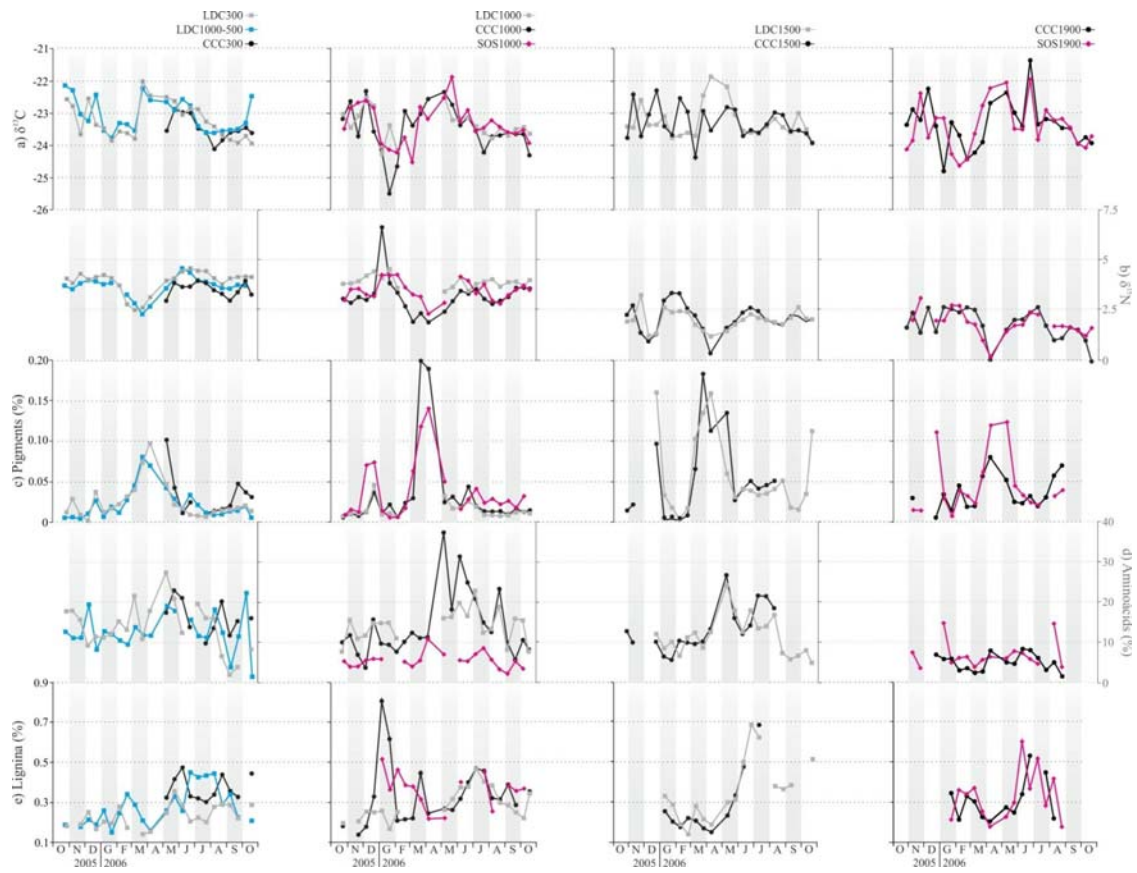


Fig. 7.3. Sèries temporals de a) $\delta^{13}\text{C}$, (b) $\delta^{15}\text{N}$ i de contribució relativa del pigments (c), aminoàcids (d) i lignina (e) al total de carboni orgànic. S'hi representen les sèries temporals de cada estació per a cadascun dels transectes estudiats: Lacaze-Duthiers (gris), Cap de Creu (negre) i el talús (rosa). En blau s'hi representen les sèries temporals de la trampa LDC1000-500.

L'origen d'aquesta OM pot ser el desenvolupament d'un bloom secundari, causat per la deposició de pols del Sàhara durant el mes de novembre i associada a un període de continu onatge amb alçades de fins a 4 m a principi de desembre de 2005 (Fig. 7.1). Aquest fet fa pensar que les tempestes que afectaren aquesta regió podrien haver barrejat la columna d'aigua i haver causat l'augment dels fluxos rics amb OM marina fresca. Per tant, en condicions de desestratificació de la columna d'aigua, es produeix una transferència ràpida de partícules procedents de les capes més superficials cap al fons, tal i com suggereixen altres estudis (Migón et al., 2002; Zúñiga et al., 2007).

Variabilitat espacial

7.1.3 Diferències entre els canyons

Les principals diferències sedimentològiques entre els dos canyons estudiats, Cap de Creus i Lacaze-Duthiers, estan associades a la magnitud i a la durada de la cascada. En primer lloc, s'observa un retard en el pic de massa en el canyó de Lacaze-Duthiers. En el curs mitjà i baix del canyó de Cap de Creus, el pic de massa es va enregistrar a principi de gener de 2006. En el canyó de Lacaze-Duthiers, en canvi, es va enregistrar a final de gener en la zona mitjana, i a principis de febrer de 2006 en l'estació de canyó baix, un mes més tard que a la zona del canyó del Cap de Creus (CCC1500). Així mateix, la composició de OM de les mostres recollides en ambdós canyons també indica una diferència entre els canyons. La principal característica a destacar és l'increment del contingut en vanil·lina, menor ràtios CP/VP i SP/VP, així com també menors ràtios entre els àcids i els aldehyds de les siringines i les vanil·lines (Taula 5.2). Per tant, l'estudi de la composició de la lignina ens indica que pel canyó de Cap de Creus hi davalla un material terrestre menys degradat al que ho fa pel canyó de Lacaze-Duthiers. La composició isotòpica de la OM sedimentada durant aquesta primera cascada presentà el valor més baix pel que fa a $\delta^{13}\text{C}$, i el més alt de $\delta^{15}\text{N}$, precisament a la zona mitja del canyó de Cap de Creus, indicant també una major aportació terrestre. Per tant, totes les dades indiquen un major grau de connexió entre aquest ca-

nyó i l'ecosistema terrestre, tal i com suggereixen altres estudis (Palanques et al., 2006; Ogston et al., 2008, Tesi et al., 2010).

7.1.4 Diferències geomorfològiques (canyons - talús)

La diferència temporal en l'arribada de la massa d'aigua que s'enfonsava durant la DSWC entre les estacions de mostreig de la zona mitjana del canyó de Cap de Creus i del talús és de 16 h, tal com indiquen els registres de temperatura (Fig. 2.3a). La direcció del flux d'aigua mostra com l'aigua de la DSWC baixava perpendicular al pendent (Fig. 2.3b). Això suggereix que el material fou transportat a través del canyó de Cap de Creus, probablement cobrint la paret sud del canyó (Ulses et al., 2008b), i sortí de la zona del canyó, on aquest s'eixampla a la zona baixa. Després, el material fou transportat cap al sud, afectant l'estació del talús mitjà seguint la circulació oceànica general de la zona. De fet, tan la composició elemental com els biomarcadors mostren unes característiques més semblants entre aquestes dues estacions que no pas la que mostra la zona mitjana i baixa del canyó. Per tant, durant aquest període de condicions energètiques fortes, hi ha un major grau de connexió entre el canyó mitjà i el talús, que entre el canyó mitjà i el baix, la qual cosa indica la importància de la interacció de la massa d'aigua que s'enfonsa amb la topografia i la circulació general, les quals en condicionen la seva evolució.

L'estació situada a la zona baixa del talús registrà valors més alts de flux de massa que l'estació situada a la mateixa profunditat dins la boca del canyó. Com s'ha explicat, la part baixa del canyó perd l'efecte constrictiu de les parets quan s'eixampla, la seva capacitat de canalització disminueix i la circulació general de la zona, paral·lela al talús, s'emporta el material que baixa per dintre del canyó en direcció sud. Aquest fet explica que, a la part baixa, els fluxos del talús sud siguin més elevats que els de les zones baixes del canyó.

Probablement, la fracció més fina d'aquest material es va mantenir en suspensió i va ser transportada cap a zones distals. De fet, les aigües de cascada s'han

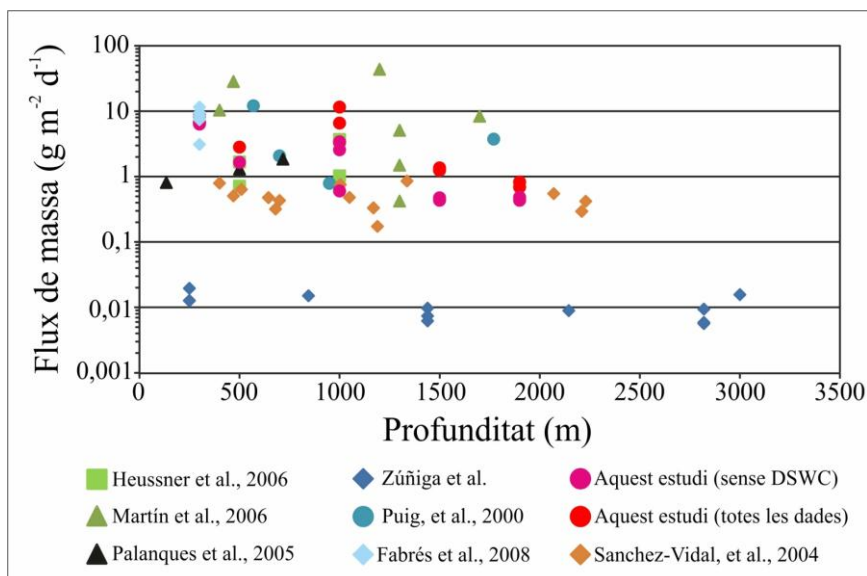


Fig. 7.4. Recull dels fluxos de massa ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en funció de la profunditat (m) de les estacions de mostreig de diferents experiments de la Mediterrània.

detectat com a anomalies en alta mar de les propietats de la massa d'aigua (Bethoux et al., 2002; López-Jurado et al., 2005; Font et al., 2007.). Palanques et al. (2009) observà un fort augment del flux de massa enmig de la conca del nord-oest de la Mediterrània, a una profunditat de 2350 m (250 m per sobre del fons) vinculat amb el cas de l'enfonsament intens de 2004/05. A més a més, Zúñiga et al. (2008) en el seu experiment de 2001/02 detectà un augment dels fluxos de partícules a una profunditat de 2145 m a la conca central balear, i hipotetitzà que una càrrega important de material transportat a la conca està controlat per la formació d'aigües profundes al golf de Lleó. Totes aquestes observacions corroboren el transport a llarga distància de les partícules fines.

7.1.5 Diferències batimètriques (al llarg de transectes)

Com s'ha vist, els fluxos de partícules recollits en les trampes de sediment situades dins els canyons submarins i en el talús, presenten una elevada variabilitat temporal i espacial. Els fluxos detectats al marge del golf del Lleó es troben dins el rang de valors determinats en altres experiments realitzats a la Mediterrània. Així mateix, el fluxos de massa decreixen cap a l'interior de la conca amb valors més elevats dins els canyons en comparació amb el talús (Fig. 7.4), mentre

que el contingut relatiu en litogènics disminueix a la vegada que incrementa el contingut dels components pelàgics i la OM.

La trampa de sediments situada a 500 m sobre el fons, a la zona mitjana del canyó de Lacaze-Duthiers, registrà també l'esdeveniment, amb fluxos mitjans de $6,3 \text{ g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ durant el període principal de la DSWC. De la mateixa manera que els fluxos detectats a 30 m sobre el fons, el pic màxim fou a final de gener de 2006, tot i que mostrà menor contingut de CaCO_3 i siliciclàstics (Fig. 7.2d, e). En aquest sentit s'ha suggerit que la cascada carregada amb material particulat arriba a 500 m, probablement com una capa nefeloide intermitjana, desferrada de la plataforma o del talús superior. De fet, la composició de la OM, tan isotòpica com dels biomarcadors, mostra una semblança notable entre aquestes dues estacions

En general, el contingut d'aminoàcids i de pigments de les partícules recollides són més alts a les zones altes dels canyons. Aquestes composicions, juntament amb la presència de Chl a les trampes del canyó superior indiquen l'entrada eficient de OM fresca del mar al sistema. Els patrons de composició d'aminoàcids de les trampes de sediment més profund ens permet examinar com aquests polsos de OM fresca són transportats al llarg del sistema de canyons. Els resultats d'aquest treball mostren que la concentració

d'aminoàcids des de la zona de canyó cap a la zona d'oceà obert disminüïren. També es converteixen en una porció més petita del carboni orgànic total al llarg d'aquest transsecte (Fig. 7.3d). Totes aquestes tendències són consistents amb la regió de la plataforma com a principal font de biomassa d'algues, i aquest material cada vegada esdevé més degradat durant el transport al llarg dels canyons. Per tant, a més a més de canvis en les propietats generals, sembla que els canyons actuen com a "digestors" de la OM marina.