

CAPÍTOL 6

RESUM DELS RESULTATS I DISCUSSIÓ

6.1. DISTRIBUCIÓ ESPACIAL I EVOLUCIÓ TEMPORAL DELS FLUXOS DE PARTÍCULES A LA MAR D'ALBORÁN

Els fluxos de massa total obtinguts del conjunt de les cinc estacions de fondeig mostren una elevada **variabilitat espacial** de les mitjanes anuals (Taula 6.1), amb un rang de valors que oscil·la entre els $176 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (trampa intermèdia de l'estació ALB3) i més de $850 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (trampa de fons de l'estació ALB2). Els fluxos són més alts a la mar d'Alborán occidental, on augmenten en fondària a les dues estacions, especialment a l'estació més pròxima al marge continental (ALB1). En canvi, a la mar d'Alborán oriental els fluxos de massa disminueixen en fondària entre els dos primers nivells de la columna d'aigua (de $\sim 500 \text{ m}$ a $\sim 1000 \text{ m}$), i augmenten cap al fons ($\sim 2000 \text{ m}$) a les estacions situades al canyó de Gata (ALB3) i prop del marge continental nord-africà (ALB5). El component majoritari a totes les estacions és el material litogènic (57-76% del flux de massa anual), seguit del carbonat de calci (8-31%), l'òpal (3-7%) i el Corg (2-6%).

Els principals factors que controlen la distribució espacial dels fluxos de partícules a la mar d'Alborán són la **circulació superficial que regeix la distribució de la productivitat**

primària, la descàrrega fluvial i el relleu submarí. L'impacte de cadascun d'aquests factors sobre els fluxos de partícules s'ha estudiat a partir de l'evolució temporal observada durant el període mostreig, de juliol de 1997 a maig de 1998.

Taula 6.1. Mitjana anual ponderada dels fluxos de massa, de litogènics, de carbonat, de Corg i d'òpal. Entre parèntesi es mostra la concentració mitja ponderada per a cada component. No s'han inclòs els valors de la trampa intermèdia de l'estació ALB2 per manca de dades.

| Trampa | Profunditat (m) | Massa (mg m ⁻² d ⁻¹) | Litogènic (mg m ⁻² d ⁻¹) (%) | Carbonat (mg m ⁻² d ⁻¹) (%) | Corg (mg m ⁻² d ⁻¹) (%) | Òpal (mg m ⁻² d ⁻¹) (%) |
|--------------------------|-----------------|---|---|--|--|--|
| Mar d'Alborán oriental | | | | | | |
| ALB3 | 680 m | 323.24 | 204.16 (58%) | 104.96 (30%) | 13.82 (4%) | 12.93 (4%) |
| | 1190 m | 176.09 | 133.89 (57%) | 72.76 (31%) | 7.93 (4%) | 6.32 (3%) |
| | 2230 m | 426.59 | 276.02 (64%) | 122.43 (28%) | 10.16 (2%) | 11.34 (3%) |
| ALB4 | 645 m | 482.86 | 290.34 (60%) | 108.53 (22%) | 26.43 (5%) | 31.12 (6%) |
| | 1170 m | 337.80 | 206.18 (60%) | 78.91 (23%) | 16.61 (5%) | 22.39 (7%) |
| | 2210 m | 299.60 | 188.86 (61%) | 85.79 (28%) | 10.54 (4%) | 12.35 (4%) |
| ALB5 | 510 m | 646.79 | 397.86 (62%) | 147.15 (23%) | 32.29 (5%) | 37.21 (6%) |
| | 1050 m | 486.40 | 307.00 (63%) | 99.09 (20%) | 24.99 (5%) | 30.35 (6%) |
| | 2070 m | 555.65 | 347.79 (63%) | 139.47 (25%) | 20.08 (4%) | 28.21 (5%) |
| Mar d'Alborán occidental | | | | | | |
| ALB1 | 470 m | 502.76 | 346.77 (69%) | 70.88 (14%) | 26.90 (5%) | 31.31 (6%) |
| | 975 m | 748.42 | 512.19 (68%) | 142.36 (19%) | 27.23 (4%) | 39.40 (5%) |
| ALB2 | 400 m | 802.36 | 613.07 (76%) | 66.44 (8%) | 46.63 (6%) | 29.58 (4%) |
| | 1310 m | 854.86 | 644.14 (75%) | 129.77 (15%) | 26.00 (3%) | 28.94 (3%) |

L'evolució temporal dels fluxos de partícules als nivells superiors (470-680 m de profunditat) segueix els patrons observats en les imatges de satèl·lit. L'anàlisi qualitativa de les sèries d'imatges de concentració de clorofil·la *a* permet establir la relació entre les estructures oceanogràfiques a les aigües superficials i els processos biològics associats. La principal conclusió que es deriva d'aquesta anàlisi és que el transport de les masses d'aigua aflorades al sud de la península ibèrica en direcció sud i est és associat a un fenomen d'enriquiment de nutrients i fertilització a tota la conca (enriquiment advectionu, cf. 1.3.2) (La Violette, 1984; Minas i Coste, 1991; Baldacci et al., 2001). Tanmateix, la posició i el

desenvolupament dels dos girs d'Alborán són crucials per a la dispersió o "spreading" de les aigües riques en nutrients al marge ibèric. Així doncs, l'augment del flux de material particulat biogènic, especialment Corg i òpal a quasi tota la conca el juliol de 1997, el novembre-desembre de 1997 i l'abril-maig de 1998 (Figura 6.1d, 6.1e), és el resultat dels esdeveniments productius de juny de 1997, novembre de 1997 i abril de 1998 enregistrats pel sensor SeaWiFS (Figura 6.2). Aquest lligam entre la presència del doll de MAW ric en clorofil·la *a* i un augment dels fluxos de Corg i òpal és degut al desenvolupament de comunitats fitoplanctòniques riques en diatomees a les zones frontals d'Alborán. L'excepció a aquesta relació entre la productivitat de les aigües superficials i els fluxos als nivells superiors ha estat la zona nord del WAG, on s'ha observat una focalització per subducció de les aigües superficials i les partícules que aquestes contenen des de la perifèria cap al centre del gir. A mitjans de desembre de 1997 s'enregistrà un altre tipus d'esdeveniment productiu no lligat al fenomen d'enriquiment advection (Figura 6.2). En aquest cas, una floració o "bloom" generalitzada a tota la conca degut a la desestratificació de la columna d'aigua provoca el desenvolupament de comunitats fitoplanctòniques calcàries i un augment considerable dels fluxos de carbonat càlcic. Per tant, **la naturalesa de l'enriquiment de nutrients a la capa fòtica** (advecció de nutrients pel doll de MAW vs. desestratificació de la columna d'aigua) **determina les comunitats fitoplanctòniques predominants** (fitoplàncton silícic vs. fitoplàncton calcari) **i la composició del material que sedimenta a través de la columna d'aigua**. El senyal estacional lligat als components biogènics s'enregistra també a les trampes de sediment de nivells intermedis (890-1190 m de profunditat) i inferiors (970-2230 m de profunditat) (Figura 6.1d, 6.1e). Aquests màxims en els fluxos de material biogènic, que coincideixen amb la localització del doll de MAW damunt les estacions i/o una floració generalitzada, permeten fer un càlcul aproximat de la **velocitat de sedimentació** de les partícules de carboni orgànic i òpal, amb un resultat de **155 m d⁻¹**.

Els agregats de material biogènic (pèl·lets fecals i restes mucilaginoses) tenen la capacitat d'atrapar partícules de material litogènic que es troben a la columna d'aigua, procés responsable de que els senyals biogènics d'aquests quatre esdeveniments productius s'hagin enregistrat conjuntament amb elevats fluxos de material litogènic a totes les estacions. **El material terrígen que sedimenta a través de la columna d'aigua és majoritàriament d'origen fluvial**. Liqueste et al. (2004) han realitzat una modelització hidrològica dels rius andalusos que desguassen a la mar d'Alborán i han suggerit que els rius Adra i Andarax són els que presenten una descàrrega sòlida més alta. Tot i això, el paper dels rius Guadiaro i Guadalhorce com a fonts de partícules litogèniques a la mar d'Alborán occidental pot arribar a ésser més significatiu degut a la connexió directa entre la plataforma continental i el fons de conca a través dels canyons submarins situats a l'oest de Màlaga (Figura 6.3).

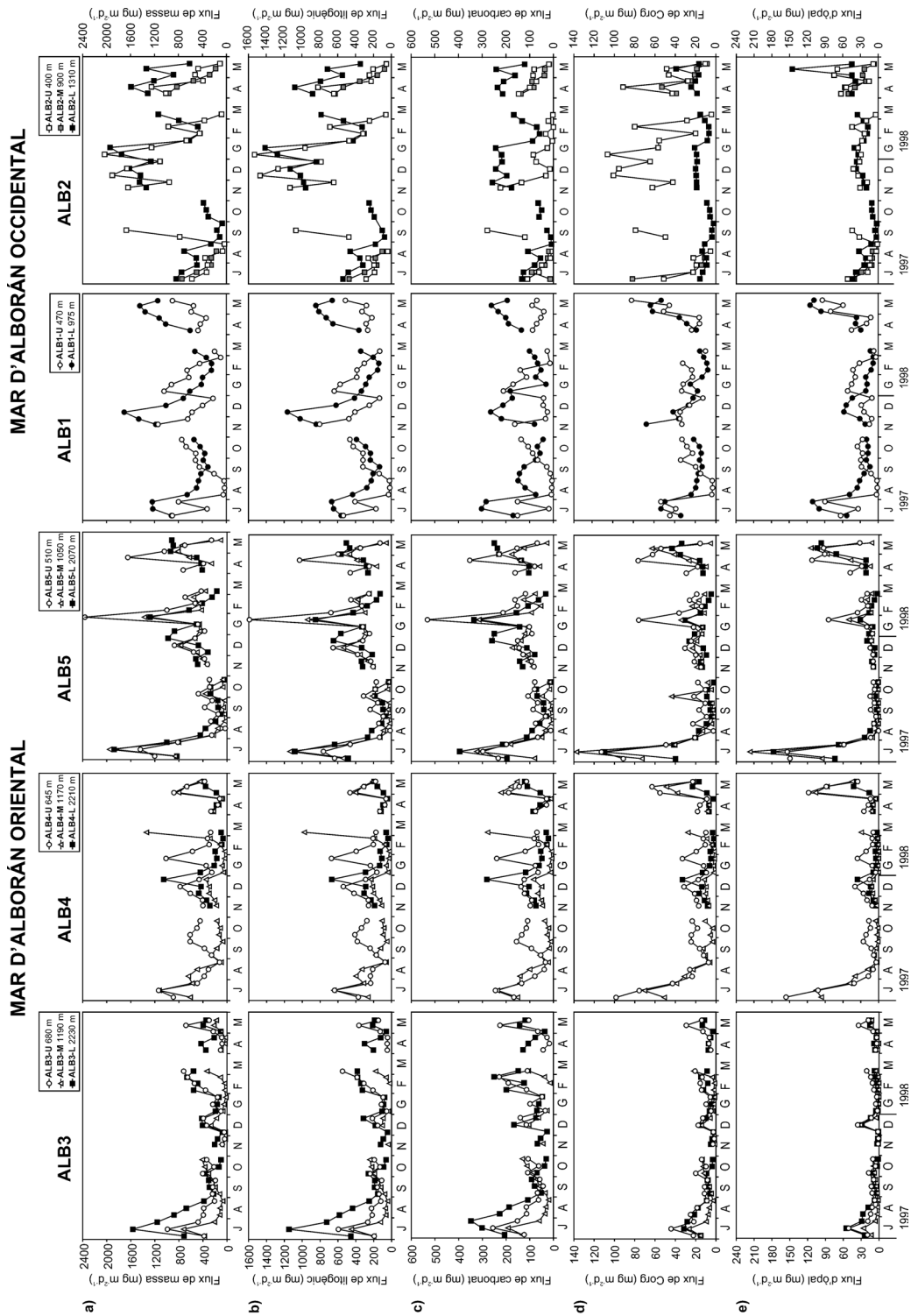


Figura 6.1. Evolució temporal dels fluxos de massa, de material litogènic, de carbonat de calci, de carboni orgànic i d'òpal durant el període de mostreig a les cinc estacions. Tots els fluxos són en mg m⁻² d⁻¹.

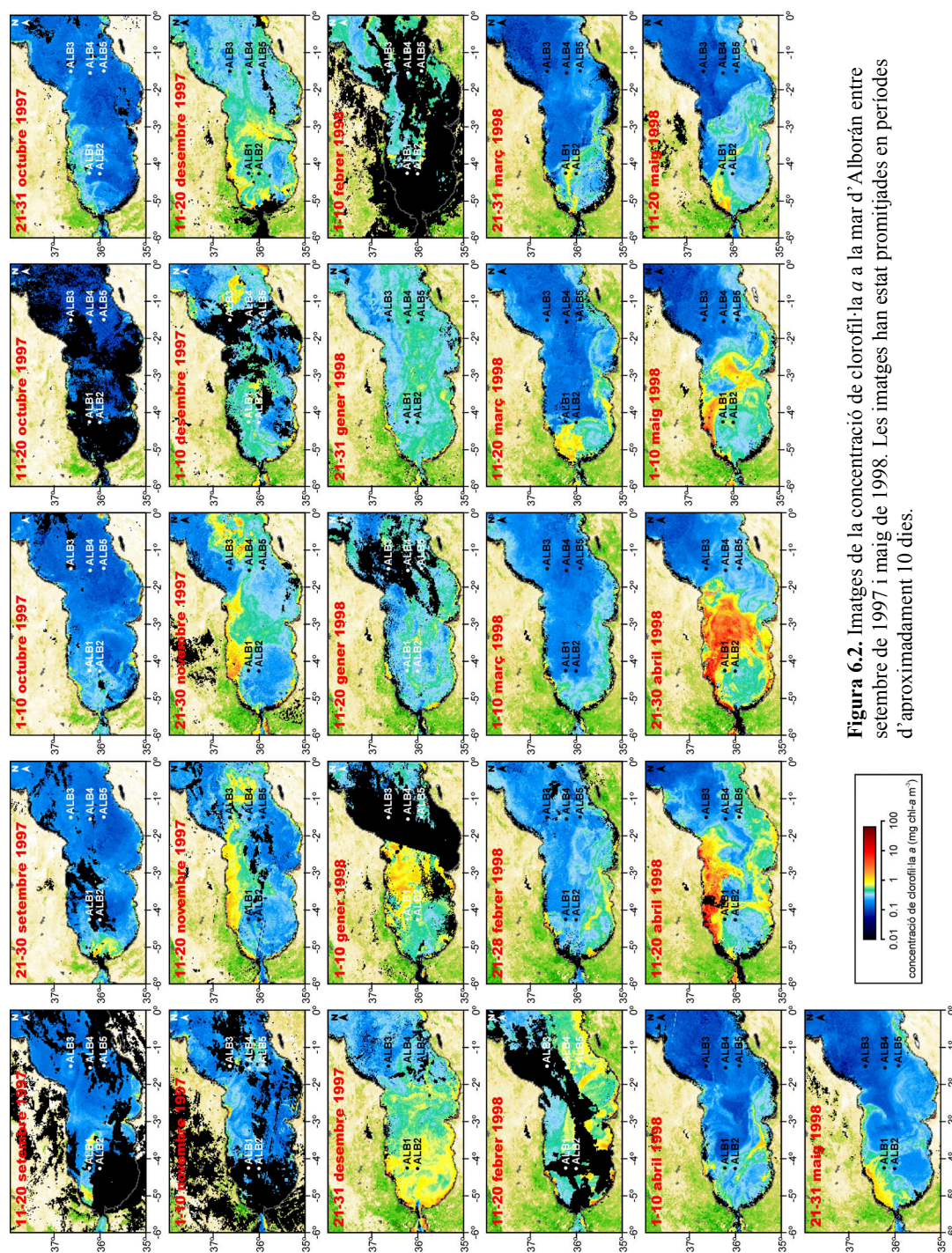


Figura 6.2. Imatges de la concentració de clorofil·la *a* a la mar d'Alborán entre setembre de 1997 i maig de 1998. Les imatges han estat promitjades en períodes d'aproximadament 10 dies.

Si hom compara l'evolució temporal del cabal d'aquests dos rius amb els fluxos de material litogènic a les estacions del mar d'Alborán oriental (ALB1 i ALB2), s'observa que els fluxos màxims de la tardor-hivern de 1997-1998 estan precedits per cabals fluvials màxims amb un decalatge de 10-20 dies (Figura 4.7). La circulació superficial de les masses d'aigua en direcció sud-est, i la sedimentació progressiva de les partícules litogèniques mentre són transportades, estenen el senyal fluvial cap a la mar d'Alborán oriental.

El **relleu submarí** també influeix a la distribució espacial dels fluxos de partícules a la mar d'Alborán. La proximitat dels marges continentals ibèric al nord, i nord-africà al sud (Figura 6.3), comporta processos laterals de transferència de material. L'existència de capes nefeloides intermèdies i de fons que s'originen al talús, detectades en dues seccions hidrogràfiques transversals al marge ibèric l'abril de 1998 i l'octubre de 1999 (Figura 4.4), produeix un augment dels fluxos de partícules (principalment material litogènic i carbonat) a través de la columna d'aigua.

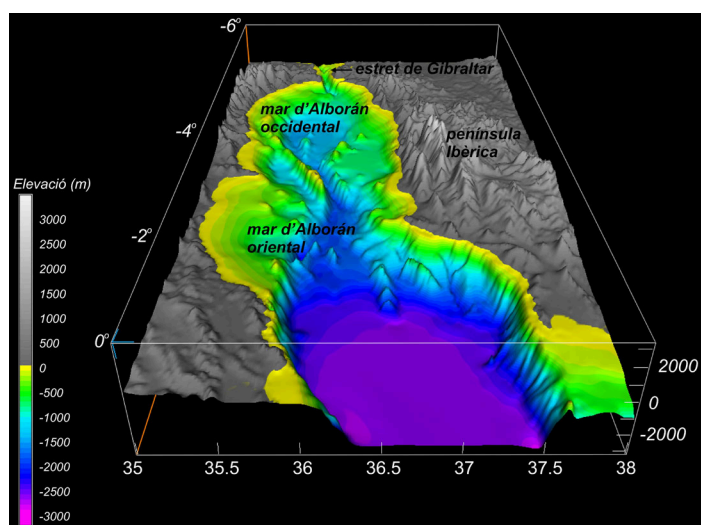


Figura 6.3. Vista tridimensional del fons marí i el relleu costaner de l'àrea d'estudi, generada a partir de la base topogràfica i batimètrica GEBCO Digital Atlas amb 1 minut de resolució.

En els esdeveniments d'elevada productivitat primària a la plataforma continental també es produeix una exportació de material fresc i més ric en matèria orgànica cap a la base del talús i cap al fons de la conca, tal i com s'observà a l'estació ALB5 al juliol de 1997 o a l'estació ALB1 al maig de 1998. A l'estació ALB3, situada dins del canyó de Gata, s'enregistrà un acusat increment dels fluxos entre la part intermitja i baixa de la columna d'aigua, fet que demostra que els canyons submarins influeixen de manera determinant en la

transferència lateral de partícules, ja que són conductes preferents de transport de material des de la plataforma continental cap a les grans fondalades. El fet de que aquest canyó no sigui nodrit per cap sistema fluvial en actiu descarta, en aquest cas, que les avingudes fluvials juguin un paper determinant com a àrea font de material. La naturalesa litogènica i especialment carbonàtica del material recollit a l'estació ALB3 suggereix altra vegada la influència de capes nefeloides de fons nodrides amb sediments resuspesos a la part superior del talús, tal i com s'ha observat en altres canyons de la Mediterrània occidental (Durrieu de Madron, 1994; Puig i Palanques, 1998).

6.2. BALANÇ DE CARBONI A LA MAR D'ALBORÁN ORIENTAL

Per tal d'entendre el cicle del carboni a la mar d'Alborán oriental hem elaborat un balanç des de llur fixació en forma de matèria orgànica a les aigües superficials fins al seu enterrament en els sediments profunds. Per a realitzar els càlculs hem utilitzat els següents paràmetres: 1) la productivitat primària obtinguda per imatges de satèl·lit, 2) l'equació que descriu el comportament del flux de Corg en profunditat, modificada de l'equació de Martin et al. (1987), 3) els fluxos de Corg enregistrats per les trapes de sediment, 4) les taxes d'acumulació de Corg al sediment, obtingudes de l'estudi de Masqué et al. (2003), 5) i les taxes de remineralització del carboni en el sediment, obtingudes de l'estudi de Bianchi et al. (2003). El resultat obtingut ha estat un balanç de Corg en un tall transversal a tota la conca de la mar d'Alborán oriental (Figura 6.4).

Així, la **producció primària** a la mar d'Alborán oriental augmenta de nord a sud, des de 415 (estació ALB3) a 562 mg de Corg m⁻² d⁻¹ (estació ALB5) (Figura 6.4). Un 14-20% d'aquest Corg és exportat a través de la capa fòtica (100 m) (producció nova o exportada, vegeu apartat 1.2.1), i equival a un índex-f, calculat amb l'equació 1.1, de 0,14 (ALB3) i 0,20 (ALB4 i ALB5). Els valors obtinguts suggereixen una exportació de Corg per sota la capa fòtica més eficient a la part centre-sud de la mar d'Alborán oriental, i una taxa de remineralització a la capa superficial més elevada a la part nord. Aquests resultats reflecteixen clarament l'advecció cap a l'est i cap al sud de les aigües riques en nutrients aflorades al sud del marge ibèric, la major freqüència de pas del doll de MAW ric en nutrients i una major productivitat a la meitat sud de la mar d'Alborán oriental, tal i com ho indiquen els quatre esdeveniments productius enregistrats durant el període d'estudi (Figura 6.2). Per tant, l'elevada variabilitat espacial i temporal de la productivitat té unes conseqüències destacades pel que fa a la quantitat de material que sedimenta a través de la capa fòtica i és potencialment disponible per a ésser transferit a través de la columna d'aigua.

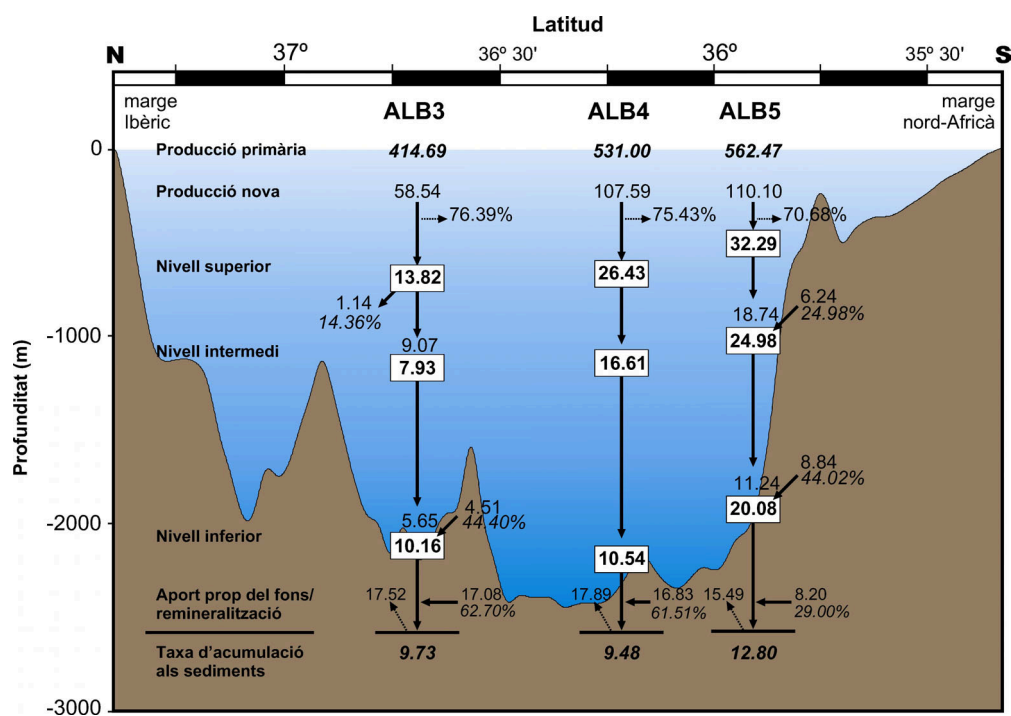


Figura 6.4. Balanç de Corg a la mar d'Alborán oriental seguint un transecte nord-sud a 1.5° de longitud oest. Els rectangles blancs indiquen fluxos enregistrats a les trames de sediment. Les dades mostrades just damunt dels rectangles blancs indiquen fluxos verticals de Corg calculat amb l'equació de Martin et al. (1987) modificada. Les dades lligades a les fletxes indiquen fluxos laterals (aportacions o pèrdues) calculats per diferència entre els fluxos reals i els fluxos obtinguts amb l'equació. També es mostren les taxes de remineralització i d'acumulació al sediment. Tots els fluxos estan en $\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$.

Els **fluxos verticals** de Corg són majors a l'estació ALB5 localitzada al sud (Figura 6.4). Els **fluxos laterals** són també majors en aquesta estació, representant el 25% i el 44% del flux total de Corg a profunditats intermèdies i inferiors, respectivament. A l'estació del nord, ALB3, hi ha una pèrdua d'un 14% del Corg entre el nivell superior i l'intermedi, i una aportació lateral del 44% entre els nivells intermedi i inferior. Tal i com es descriu en l'apartat 6.1, el relleu submarí juga un paper molt significatiu en el control de les aportacions laterals de Corg. Així, l'aportació lateral de Corg a nivells intermedis i inferiors de la columna d'aigua a l'estació ALB5 s'atribueix a l'advecció lateral de matèria orgànica prop del marge nord-africà. A més a més, l'advecció lateral de partícules resuspeses és la responsable d'aquesta aportació als nivells inferiors d'ALB5 i ALB3, d'acord amb la localització d'ALB5 al peu del talús continental i d'ALB3 dins el canyó de Gata.

Els testimonis de sediment obtinguts a les tres estacions presenten **taxes d'acumulació** de Corg similars, fet que ha estat atribuït a l'homogeneïtat composicional del material aportat

prop del fons (Masqué et al., 2003). Els resultats obtinguts evidencien que un 29-63% del Corg que arriba al fons ha estat aportat lateralment en els darrers 30 m de la columna d'aigua (Figura 6.4).

Tal i com s'avança en el Capítol 1, l'estudi dels fluxos de partícules permet determinar la quantitat de carboni particulat que sedimenta a través de la columna d'aigua fins restar finalment atrapat als sediments del fons, la qual cosa constitueix un mecanisme de segrest de CO₂ atmosfèric. Amb el balanç de Corg (Figura 6.4) es pot determinar l'**eficiència de la bomba biològica** expressada en termes de quantitat de carboni emmagatzemat als sediments profunds respecte al carboni produït per fotosíntesi a les aigües superficials, diferenciant entre el total de Corg particulat que arriba al fons i el que hi arriba només verticalment. Per tant, anàlogament a l'equació 1.2 del Capítol 1, definim l'índex- e_{total} com la fracció total de Corg emmagatzemada respecte a la producció primària i l'índex- $e_{primari}$ com la fracció de Corg transportada exclusivament verticalment i emmagatzemada respecte a la producció primària. Així, els índex- e_{total} són força elevats, amb valors de 2,35% (ALB3), 1,79% (ALB4) i 2,28% (ALB5). Els índex- $e_{primari}$ són 0,48% (ALB3), 0,68% (ALB4) i 0,89% (ALB5), fet que demostra que gran part del Corg que s'emmagatzema als sediments profunds del mar d'Alborán oriental ha estat subministrat i transferit lateralment des d'altres indrets. De totes maneres, els índex- $e_{primari}$ a 2000 m de profunditat són més elevats que en altres àrees properes com, per exemple, el mar Adriàtic o el mar Jònic, quedant demostrada així la importància de la mar d'Alborán en el cicle del carboni en el context de la Mediterrània.

6.3. EL BARI BIOGÈNIC COM A INDICADOR DE PRODUCTIVITAT A LA MAR D'ALBORÁN

Per tal d'estudiar els processos que controlen els fluxos de bio-Ba particulat cap als sediments profunds de la mar d'Alborán hom ha mesurat aquest element, conjuntament amb l'Al i el Mn, a les línies de fondeig ALB1 (Alborán occidental, sota la influència de l'aflorament i amb elevades aportacions de material del marge ibèric), ALB4 (Alborán oriental, sota la influència del Front d'Almeria-Orà i lluny dels marges) i ALB5 (Alborán oriental, sota la influència del Front d'Almeria-Orà i aprop del marge nord-africà). També s'ha mesurat el bio-Ba en mostres de sediments de cada estació i al talús continental de la mar d'Alborán occidental. L'estudi dels fluxos anuals i l'evolució temporal del bio-Ba i el Corg, així com de la relació entre aquests dos elements, ens ha permès entendre millor els

mecanismes de formació de bio-Ba, el seu comportament, i el seu ús potencial com a indicador de productivitat.

La **distribució vertical** dels fluxos anuals de bio-Ba es caracteritza per un increment considerable en fondària a l'estació ALB1 i una disminució a les estacions ALB4 i ALB5 (Taula 6.2).

Taula 6.2. Concentració, fluxos anuals (trampes de sediment), taxes d'acumulació (testimonis de sediment), i relació bio-Ba/Corg i Mn/Al a la mar d'Alborán.

| | Profunditat (m) | Concentració de bio-Ba ($\mu\text{mol g}^{-1}$) | flux de bio-Ba ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$) | bio-Ba/Corg x100 (pes/pes) | Mn/Al x100 (mol/mol) |
|-------------------------------|--------------------|--|---|-------------------------------|-------------------------|
| <i>Trampes de sediment</i> | | | | | |
| ALB1 | 470 | 1.18 | 0.70 | 0.31 | 0.43 |
| | 970 | 1.47 | 1.07 | 0.55 | 0.81 |
| ALB4 | 645 | 1.62 | 0.83 | 0.41 | 0.48 |
| | 1170 | 1.69 | 0.59 | 0.48 | 0.51 |
| | 2210 | 1.24 | 0.39 | 0.52 | 0.57 |
| ALB5 | 510 | 1.35 | 0.92 | 0.37 | 0.45 |
| | 1050 | 1.37 | 0.89 | 0.38 | 0.41 |
| | 2070 | 1.31 | 0.88 | 0.50 | 0.66 |
| <i>Testimonis de sediment</i> | | | | | |
| T1 | 654 | 0.72 | 3.59 | 0.85 | 1.86 |
| ALB1 | 962 | 0.51 | 1.10 | 0.68 | 1.03 |
| ALB4 | 2065 | 0.29 | 0.41 | 0.55 | 2.22 |
| ALB5 | 1993 | 0.22 | 0.38 | 0.33 | 1.66 |

Les següents observacions demostren l'existència d'aportacions laterals de bio-Ba a l'estació ALB1:

- 1) un augment en fondària dels fluxos de massa total, material litogènic, carbonat de calci i òpal,
- 2) una elevada concentració de bio-Ba en els sediments situats al talús continental, possiblement relacionada amb productivitats primàries elevades (Taula 6.2),
- 3) la presència de capes nefeloides de fons (Figura 4.4) que es desenvolupen damunt el talús continental,
- 4) i un augment considerable de la relació Mn/Al en fondària, la qual suggereix la presència de partícules resuspeses a la part alta del talús.

Aquesta advecció lateral de bio-Ba dificultarà l'ús d'aquest element com a indicador de productivitat. Contràriament al que passa a l'estació ALB1, encara que s'hagi detectat una aportació lateral de material, a l'estació ALB5 el bio-Ba no augmenta en fondària. Els

sediments de la zona són pobres en bio-Ba (Taula 6.2). Aquest fet demostra la influència de l'àrea font de la capa nefeloide en la composició de les partícules transportades, que en aquest cas és pobre en material biogènic i bio-Ba, i ric en material litogènic i carbonat de calci. A l'estació ALB4 no s'observen increments de bio-Ba ni de cap altre element, d'acord amb el comportament típicament pelàgic d'aquesta zona, més allunyada dels marges continentals.

Els resultats obtinguts a la mar d'Alborán reforcen que el quocient bio-Ba/Corg en els fluxos de partícules en marges continentals és molt menor que a oceà obert (Figura 6.5). Els valors obtinguts són dels més baixos enregistrats, i comparables a altres zones de marge com són la badia de Biscaia (Dehairs et al., 2000) o la mar de Ross (McManus et al., 2002).

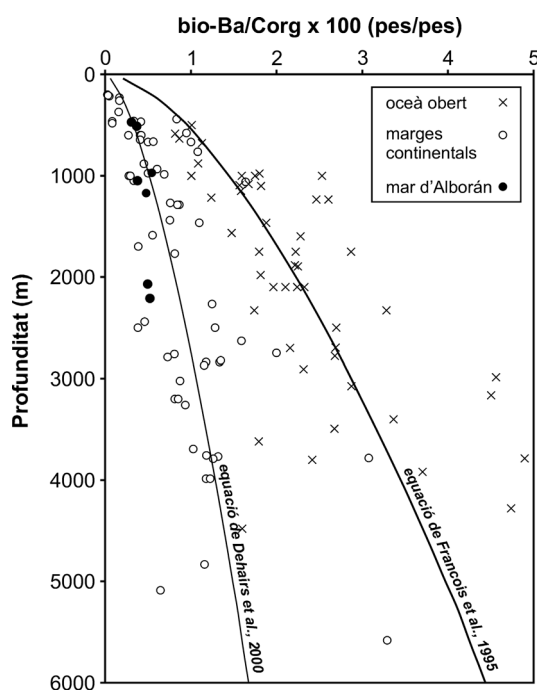


Figura 6.5. Distribució de la relació bio-Ba/Corg x100 (pes/pes) en funció de la profunditat. Les creus representen els sistemes d'oceà obert identificats per François et al. (1995): estacions al Pacífic Equatorial i al corrent Califòrnia de Dymond et al. (1992), estacions al Pacífic i a l'Atlàntic de François et al. (1995). Els cercles buits representen els sistemes de marge identificats per François et al. (1995): mar de Bering, mar d'Okhotsk, conca de Panamà, conca de Demamara, mar dels Sargassos, conca de Sohm, illa de Bear, estret de Fram, conca de Groenlàndia, cresta d'Aegir, plataforma de Barents, mar de Barents i mar d'Aràbia, als quals s'hi ha afegit les estacions de l'Atlàntic de Dymond et al. (1992), Jeandel et al. (2000), Dehairs et al. (2000) i Fagel et al. (2004), i les estacions de la mar de Ross de McManus et al. (2002). Els cercles plens representen les estacions de la mar d'Alborán. També es mostren les equacions de François et al. (1995)¹ i Dehairs et al. (2000)² que descriuen l'evolució del quocient bio-Ba/Corg en funció de la profunditat.

François et al. (1995) atribueixen valors baixos de bio-Ba/Corg en marges continentals a l'aportació lateral de carboni orgànic, Dymond i Collier (1996) ho relacionen amb canvis en l'ecosistema i a l'eficiència d'exportació del Corg, i Dehairs et al. (2000) suggereixen que els processos de formació del bio-Ba a través de la columna d'aigua tenen a veure amb aquestes diferències. Per tal d'esbrinar quina és **la dinàmica i els processos de formació del bio-Ba** al mar d'Alborán hem examinat la variació dels fluxos al llarg del període d'estudi. L'evolució temporal dels fluxos de bio-Ba es caracteritza per dos períodes amb fluxos

elevats, al juliol de 1997 i a l'abril-maig de 1998, els quals coincideixen amb els esdeveniments d'elevada productivitat descrits a l'apartat 6.1 (Figura 6.6).

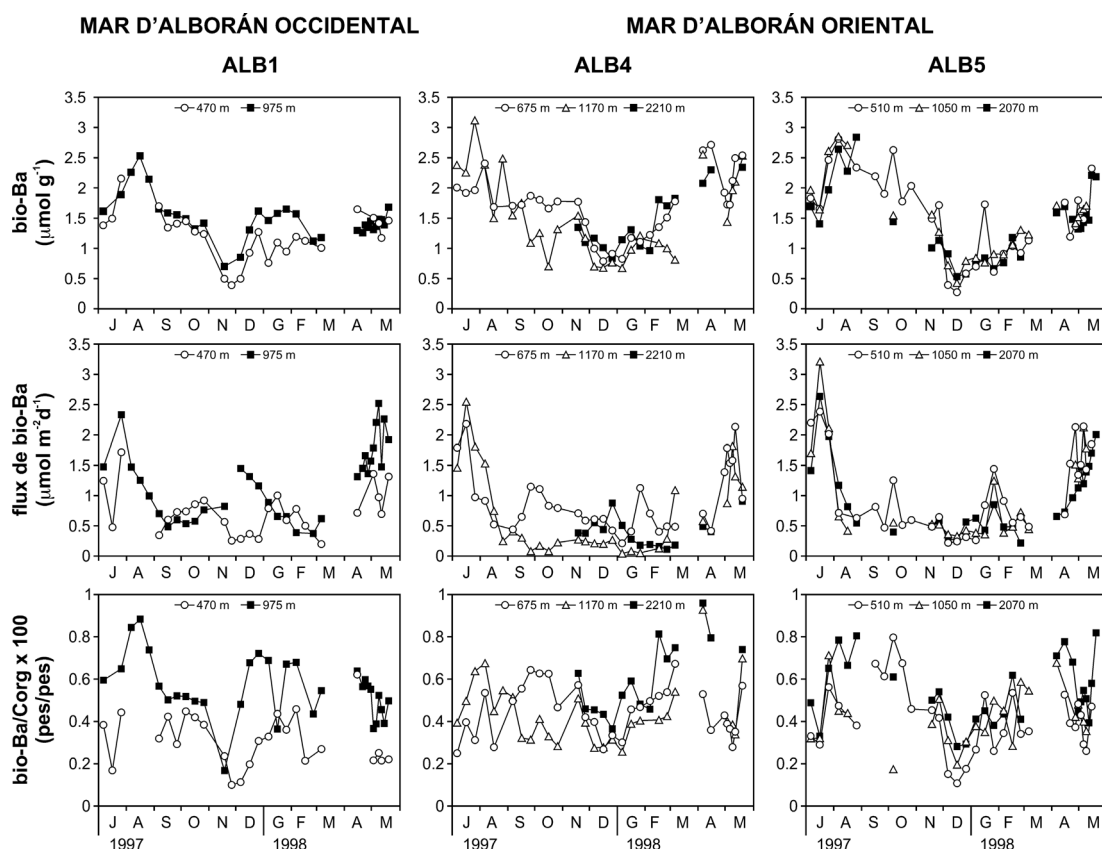


Figura 6.6. Evolució temporal de les concentracions i els fluxos de bio-Ba, i de la relació bio-Ba/Corg a les estacions ALB1, ALB4 i ALB5 durant el període de mostreig (juliol 1997-maig 1998).

En aquests pics de bio-Ba la relació bio-Ba/Corg és baixa, degut principalment a que els fluxos de Corg són molt alts. Però quan l'esdeveniment productiu (i, per tant, els fluxos de Corg i opal) comença a disminuir d'intensitat, la relació bio-Ba/Corg comença a augmentar (Figura 6.6). Això suggereix que la formació de bio-Ba està relacionada amb la dinàmica de l'ecosistema a les aigües superficials, la qual a la vegada controla les velocitats de sedimentació. La hipòtesi que es proposa és que l'agregació massiva de partícules biogèniques i litogèniques durant els esdeveniments productius proporciona un efecte llast (veure apartat 1.2.2.) que impedeix la formació de bio-Ba. Quan els fluxos comencen a disminuir l'efecte llast també es redueix, ja que la columna d'aigua s'ha netejat de partícules

litogèniques i carbonàtiques. En aquest moment, la matèria orgànica sedimenta més lentament i permet que la barita precipiti.

Una de les finalitats de l'estudi del bio-Ba particulat a la columna d'aigua és la d'avaluar el seu ús com a **indicador de productivitat**. En els darrers anys han aparegut diverses equacions que permeten calcular la producció exportada (flux de Corg als 100 m de la columna d'aigua) a partir de fluxos de bio-Ba a diferents fondàries. Així, utilitzant les dades de bio-Ba al mar d'Alborán i l'equació proposada per François et al. (1995)¹, la producció exportada seria de 32-56 mg C m⁻²d⁻¹. Aquests valors són considerablement més baixos que els obtinguts en el nostre balanç de carboni (Figura 6.4) o que els citats a la literatura (Capítol 3). Això reforça la idea que l'equació de François et al. (1995) no es pot aplicar en marges continentals. Si utilitzem l'equació proposada per Dehairs et al. (2000)² per marges continentals els resultats obtinguts en indrets on el bio-Ba no és aportat lateralment (és a dir, a totes les trampes excepte la trampa de fons d'ALB1) s'ajusten millor als valors calculats a partir dels fluxos enregistrats a les trampes de sediment, entre 88 i 157 mg C m⁻²d⁻¹.

¹ Equació de François et al. (1995): $C_{org}/bio-Ba = 4787 Z^{0.616}$

² Equació de Dehairs et al. (2000): $C_{org}/bio-Ba = 16360 Z^{0.646}$

6.4. REFERÈNCIES

- Baldacci, A., Corsini, G., Grasso, R., Manzella, G., Allen, J.T., Cipollini, P., Guymer, T.H. i Snaith, H.M., 2001. A study of the Alboran Sea mesoscale system by means of empirical orthogonal function decomposition of satellite data. *Journal of Marine Systems*, 29: 293-311.
- Bianchi, A., Calafat, A., De Wit, R., Garcin, J., Tholosan, O., Cacho, I., Canals, M., Fabres, Grout, H., Masque, P., Sanchez-Cabeza, J. i Sempere, R., 2003. Microbial activity at the deep water sediment boundary layer in two highly productive systems in the Western Mediterranean: The Almeria-Oran front and the Malaga upwelling. *Oceanologica Acta* 25 (6), 315-324.
- Dehairs, F., Fagel, N., Antia, A.N., Peinert, R., Elskens, M. i Goeyens, L., 2000. Export production in the Bay of Biscay as estimated from barium -barite in settling material: A comparison with new production. *Deep-Sea Research I*, 47: 583-601.
- Dymond, J. i Collier, R., 1996. Particulate barium fluxes and their relationships to biological productivity. *Deep-Sea Research*, 43: 1283-1308.
- Dymond, J., Suess, E. i Lyle, M., 1992. Barium in deep-sea sediment: A geochemical proxy for paleoproductivity. *Paleoceanography*, 7: 163-181.
- Durrieu de Madron, X., 1994. Hydrography and nepheloid structure in the Grand-Rhône canyon. *Continental Shelf Research*, 14: 457-477.
- Fagel, N., Dehairs, F., Peinert, R., Antia, A. i André, L., 2004. Reconstructing export production at the NE Atlantic margin: Potential and limits of the Ba proxy. *Marine Geology*, 204 (1-2): 11-25.
- François, R., Honjo, S., Manganini, S.J. i Ravizza, G.E., 1995. Biogenic barium fluxes to the deep sea: Implications for paleoproductivity reconstruction. *Global Biogeochemical Cycles*, 9: 289-303.
- Jeandel, C., Tachikawa, K., Bory, A. i Dehairs, F., 2000. Biogenic barium in suspended and trapped material as a tracer of export production in the tropical NE Atlantic (EUMELI sites). *Marine Chemistry*, 71: 125-142.
- La Violette, P.E., 1984. The advection of submesoscale thermal features in the Alboran Sea gyre. *Journal of Physical Oceanography*, 14: 550-565.
- Liquete, C., Arnau, P., Canals, M., i Colas, S., 2004. Mediterranean river systems of Andalusia, southern Spain, and associated deltas: A source to sink approach. *Marine Geology*. (En premsa).
- Martin, J.H., Knauer, G., Karl, D.M. i Broenkow, W.W., 1987. VERTEX: carbon cycling in the northeast Pacific. *Deep-Sea Research* 34 (2), 267-285.

- Masque, P., Fabres, J., Canals, M., Sanchez-Cabeza, J.A., Sanchez-Vidal, A., Cacho, I., Calafat, A. i Bruach, J.M., 2003. Accumulation rates of major constituents of hemipelagic sediments in the deep Alboran Sea: A centennial perspective of sedimentary dynamics. *Marine Geology* 193, 207-233.
- McManus, J., Dymond, J., Dunbar, R.B. i Collier, R., 2002. Particulate barium fluxes in the Ross Sea. *Marine Geology*, 184: 1-15.
- Minas, H.J. i Coste, B., 1991. Biological and geochemical signatures associated with the water circulation through the Strait of Gibraltar and in the Western Alboran Sea. *Journal of Geophysical Research*, 96 (C5): 8755-8771.
- Puig, P. i Palanques, A., 1998. Nepheloid structure and hydrographic control on the Barcelona continental margin, northwestern Mediterranean. *Marine Geology*, 149: 39-54.
- Ruiz, J., Echevarría, F., Font, J., Ruiz, S., García, E., Blanco, J.M., Jiménez-Gómez, F., Prieto, L., González-Alaminos, A., García, C.M., Cipollini, P., Snaith, H., Bartual, A., Reul, A. i Rodríguez, V., 2001. Surface distribution of chlorophyll, particles and gelbstoff in the Atlantic jet of the Alboran Sea: From submesoscale to subinertial scales of variability. *Journal of Marine Systems*, 29: 277-292.

