

3.3. Controls de la dinàmica del fitoplàncton al mar Català

Marta Estrada, Miquel Alcaraz, Laura Arin

El mar Mediterrani es pot considerar globalment oligotròfic, tot i que presenta una sèrie de mecanismes de fertilització a diverses escales espacials i temporals. En aquest assaig, revisem alguns d'aquests mecanismes, que són responsables de situacions d'elevada biomassa i producció de fitoplàncton al mar Català.

Factors de fertilització al mar Català

A la Mediterrània nord-occidental, els corrents marins flueixen del NE al SO al llarg de la costa catalana i tornen cap al NE prop de les illes Balears. Aquest gir ciclònic deixa una zona central de divergència, separada de les aigües costaneres per fronts de plataforma-talús.

A l'hivern, el refredament de les capes superficials facilita la barreja de la columna d'aigua i l'aportació de nutrients procedents d'aigües més profundes vers la zona eufòtica. A la conca Ligu-

ro-provençal, al límit nord del mar Català, l'elevació de les isopicnes a la zona de divergència, en combinació amb la pèrdua de calor i l'evaporació causada per vents forts i secs del nord, pot provocar convecció profunda i barreja vertical de l'aigua fins al fons, amb introducció de nutrients a les capes superiors i formació d'aigües profundes que s'estenen per la conca. La convecció profunda és un important motor de la dinàmica i producció del fitoplàncton, no només a nivell local, sinó també en zones allunyades de la conca. Per exemple, el 25 de març del 2005, la clorofil·la *a* superficial va assolir 7 mg m^{-3} , un dels valors més alts mesurats a la regió, i el 22 de març del 2009, amb $2,3 \text{ mg m}^{-3}$ de clorofil·la *a* superficial (figura 1), la producció primària integrada (entre 0 i 80 m de fondària) va arribar a $1800 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Estrada *et al.* 2014).

Entre finals d'hivern i principis de primavera, l'augment de la irradiació solar i l'inici de

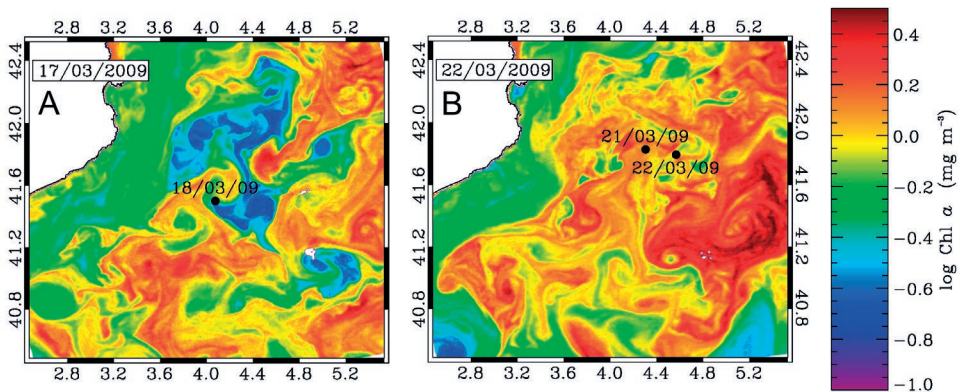


Figura 1. Imatges de teledetecció de la distribució de clorofil·la *a* al nord-oest de la Mediterrània, el 17 (A) i el 22 de març de 2009 (B). Vegeu l'augment de la concentració de clorofil·la del 17 al 22 de març. La zona de baixa clorofil·la *a* (blava) del 17 de març és el resultat d'un esdeveniment de convecció profunda. Els punts negres indiquen les posicions de l'estació durant la campanya Famoso 1. Reproduït d'Estrada *et al.* (2014), amb permís.

l'estratificació tèrmica indueixen el creixement d'una intensa floració de fitoplàncton a les aigües superficials. Més endavant, l'estratificació s'intensifica i es desenvolupa un fort gradient vertical de densitat (la picnoclina) entre la capa superior de barreja i les aigües més profundes. El creixement del fitoplàncton esgota els nutrients (com nitrat, fosfat i silicat) a la part superior, il·luminada, de la columna d'aigua. En aquestes condicions, l'equilibri entre els nutrients que difonen cap amunt des de sota de la picnoclina i la disponibilitat de llum des de dalt condueix a l'aparició d'un màxim profund de fitoplàncton i clorofil·la, acompanyat d'acumulacions de zooplàncton (Estrada *et al.* 1993, Alcaraz *et al.* 2007). A la regió de divergència central, la picnoclina és menys profunda i la major disponibilitat de llum fa que augmenti el creixement del fitoplàncton en el màxim profund. Al seu torn, els fronts de plataforma-talús que voregen el gir, que inclouen el front Liguro-provençal, el Català i el Balear, presenten remolins, meandres i filaments que juntament amb la circulació ageostròfica (Estrada *et al.* 1999) poden generar esdeveniments de fertilització. Sovint, es produeix també un pic de fitoplàncton a la tardor, quan el refredament de l'aigua superficial trenca la picnoclina.

Altres contribucions importants a l'enriquiment de nutrients en el mar Català provenen de les aportacions d'aigua continentals i de la deposició atmosfèrica. A la Mediterrània nord-occidental, els rius més importants són el Roine i l'Ebre; malgrat això, els abocaments de rius més petits i els desbordaments d'aigües residuals, en particular després de les tempestes, també poden ser prominents a nivell local.

La successió del fitoplàncton

Les fluctuacions de la biomassa del fitoplàncton al llarg del cicle estacional s'associen a canvis marcats en la composició de la comunitat. La successió de grups dominants des del pic d'hivern-primavera fins a l'estratificació estival ha estat caracteritzada per Ramón Margalef en funció de la intensitat de la turbulència de l'aigua i la disponibilitat de nutrients (vegeu Alcaraz i Estrada 2022). Els grups de creixement ràpid com les diatomees dominen quan la turbulèn-

cia i la concentració de nutrients són elevades, mentre que en aigües estratificades i pobres en nutrients, les dinoflagel·lades, que són mòbils i poden migrar amunt i avall a la columna d'aigua, són més abundants. Altres grups, com els coccolitòfors, tendeixen a prosperar en situacions intermèdies. En les darreres dècades, noves metodologies per a la caracterització del fitoplàncton basades en pigments marcadors o en tècniques de genètica molecular han proporcionat informació sobre la distribució de tàxons com els cianobacteris o moltes flagel·lades, que a causa de la seva petita mida o de la manca de trets morfològics distintius no s'havien quantificat adequadament en els estudis anteriors.

Què podem aprendre de les sèries temporals a llarg termini?

Com passa a terra, hi ha fortes fluctuacions interanuals en els patrons de successió de fitoplàncton al llarg d'un cicle estacional. A més, el canvi global antropogènic pot interactuar amb la variabilitat natural de maneres que encara no coneixem. Per tant, determinar els motors dels canvis i identificar les tendències a llarg termini requereixen recopilar sèries temporals de variables ecosistèmiques ambientals i biològiques a una resolució adequada.

Com a contribució a aquests objectius, l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) manté diverses sèries temporals a les aigües del mar Català. Al litoral de Barcelona, l'Observatori de l'Oceà Costaner (<https://coo.icm.csic.es/ca>) mesura diversos paràmetres en temps real i, des del març del 2002, realitza campanyes mensuals per a avaluar variables biològiques i ambientals. Aquesta sèrie a llarg termini ha aportat importants idees sobre el funcionament de l'ecosistema planctònic costaner del mar Català. En aquest sentit, Arin *et al.* (2013) van trobar que la descàrrega d'aigües continentals va ser la principal font de nutrients per als màxims d'hivern-primaverals del 2003 i el 2004, mentre que els episodis de fertilització que van alimentar les floracions de fitoplàncton del 2005 i el 2006 van ser degudes a la intrusió d'aigües d'alta mar associades als forts esdeveniments de barreja vertical que van tenir lloc durant els hi-

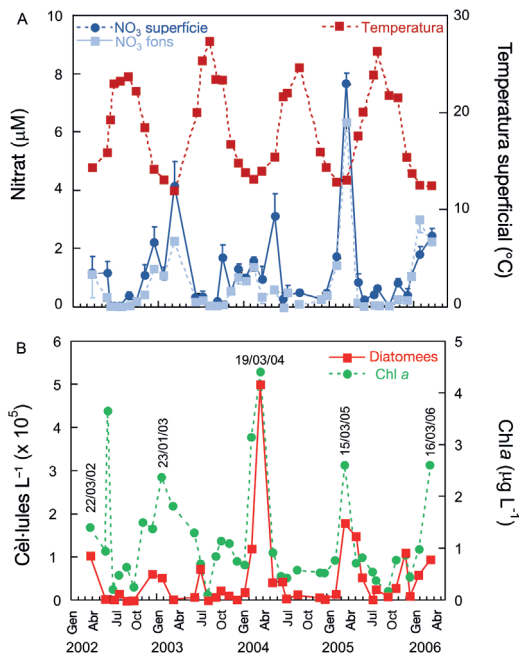


Figura 2. A, concentració de nitrat a la superfície i al fons (mitjana + desviació absoluta de la mediana) a 8 estacions de mostreig de l'Observatori de l'Oceà Costaner de Barcelona (març del 2002 al març del 2006) i cicle anual de la temperatura superficial; B, clorofil·la *a* superficial (Chl *a*) i abundància de diatomees durant el mateix període, en una estació representativa.

verns inusualment freds i secs d'aquests dos anys (figura 2). A la sèrie de l'Observatori de la badia de Blanes (<http://bbmo.icm.csic.es/>), l'estudi de 14 anys (2000-2014) de mostres va permetre caracteritzar el cicle estacional dels principals grups de fitoplàncton i va demostrar que, a part de seguir el patró estacional general, les diatomees i els prasinòfits (un grup de flagel·lades) proliferaven en resposta a la fertilització causada per l'escorrentia d'aigües de pluja (Nunes *et al.* 2018). Aquesta sèrie també va revelar una tendència decreixent en la concentració de clorofil·la, que podia atribuir-se a una reducció de la disponibilitat de nutrients causada per millores en el tractament d'aigües residuals a la zona.

Observacions finals

El Mediterrani ha estat considerat com un model reduït i més accessible dels oceans del món. De manera similar, el mar Català concentra molts dels processos ecològics i socioeconòmics que es produeixen a tota la Mediterrània. La informació de campanyes oceanogràfiques i sèries temporals al mar Català i altres zones marines del món ajuda a revelar com influeixen en l'ecosistema pelàgic les interaccions entre la variabilitat natural i l'antropogènica, i posa de manifest la importància del seguiment a llarg termini per millorar les projeccions per al futur i les decisions de gestió.

Referències

- Alcaraz M., Calbet A., Estrada M., *et al.* 2007. Physical control of zooplankton communities in the Catalan Sea. *Prog. Oceanogr.* 74: 294-312.
- Alcaraz M., Estrada M. 2022. Turbulència i dinàmica del plàncton en un oceà més càlid. A: Pelegrí J.L., Gili J.M., Martínez de Albéniz M.V. (eds.), *L'oceà que volem: ciència oceànica inclusiva i transformadora*. Institut de Ciències del Mar, CSIC. Barcelona. pp. 139-141.
- Arian L., Guillén J., Segura-Noguera M., Estrada M. 2013. Open sea hydrographic forcing of nutrient and phytoplankton dynamics in a Mediterranean coastal ecosystem. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 133: 116-128.
- Estrada M., Marrasé C., Latasa M., *et al.* 1993. Variability of deep chlorophyll maximum characteristics in the Northwestern Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 92: 289-300.
- Estrada M., Varela R.A., Salat J., *et al.* 1999. Spatio-temporal variability of the winter phytoplankton distribution across the Catalan and North Balearic fronts (NW Mediterranean). *J. Plankton Res.* 21: 1-20.
- Estrada M., Latasa M., Emelianov M., *et al.* 2014. Seasonal and mesoscale variability of primary production in the deep winter-mixing region of the NW Mediterranean. *Deep-Sea Res. Pt I.* 94: 45-61.
- Nunes S., Latasa M., Gasol J.M., Estrada M. 2018. Seasonal and interannual variability of phytoplankton community structure in a Mediterranean coastal site. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 592: 57-75.

DOI: <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/14077>