

4.6. Turbulència i dinàmica del plàncton en un oceà més càlid

Miquel Alcaraz, Marta Estrada

L'energia del vent, diferències en la temperatura i el contingut de sals de l'aigua que determinen la seva densitat, i la rotació de la Terra, impulsen un sistema de circulació oceànica complex i variable. L'energia mecànica així generada, imprescindible per mantenir la dinàmica dels ecosistemes marins, produeix remolins turbulents que es divideixen en remolins cada vegada més petits, fins que arriben a una mida, l'escala de Kolmogorov, en què la viscositat vencé la inèrcia.

Turbulència: característiques i efectes sobre el plàncton

Els moviments turbulents a les escales majors (meso- i macroescala, de metres a centenars de quilòmetres) tenen un paper principalment de transport. A les escales més petites, de l'ordre de mil·límetres (turbulència de petita i de microescala), els gradients de velocitat generats per la turbulència afecten directament partícules en el rang de mides dels organismes del plàncton, una comunitat d'organismes suspesos en la columna d'aigua que inclou pràcticament tots els grups biològics, des de virus i bacteris, fins a larves de peix.

La matèria orgànica que fa funcionar la xarxa tròfica marina és produïda pel fitoplàncton o «plàncton vegetal», que inclou algues unicel·lulars de característiques molt diverses (figura 1). Dels grups dominants en la comunitat fitoplànctònica depenen en gran mesura tant la producció pesquera, com la captació de CO₂ per l'ecosistema marí. Els canvis estacionals dels grups dominants al llarg del cicle anual van ser explicats pel Prof. Ramon Margalef mitjançant

un model conceptual. En la representació gràfica del model, conegut internacionalment com el *Mandala de Margalef*, les diferents formes biològiques (grups que comparteixen determinades característiques fisiològiques) de fitoplàncton se situen en un pla en el qual els eixos de coordenades són la intensitat de la turbulència i la concentració de nutrients.

Preguntes derivades del *Mandala de Margalef* han originat una fructífera línia de treball de l'Institut de Ciències del Mar (ICM) sobre els efectes de la turbulència de petita escala en el conjunt del plàncton marí, i van propiciar la celebració del primer curs internacional sobre el tema: *Lectures on Plankton and Turbulence*, finançat per la UE, i coordinat per investigadors de l'ICM, la UB i altres organitzacions científiques (Marrasé *et al.* 1997).

La impossibilitat d'aïllar en el medi natural els efectes de la turbulència dels que originen altres factors exigeix experimentació de laboratori. Tancs o aquaris que contenen des de litres (microcosmos) a metres cúbics d'aigua de mar (mesocosmos), permeten controlar la intensitat de la turbulència, i les condicions de temperatura, nutrients o la llum, així com les espècies o comunitats de plàncton a estudiar (Estrada *et al.* 1988).

La importància de la turbulència per a la selecció de formes biològiques de fitoplàncton es deu al fet que pot afavorir l'absorció de nutrients per les cèl·lules o contribuir a mantenir-les en suspensió a la columna d'aigua. La turbulència també afecta l'estratègia migratòria d'alguns grups (dinoflagel·lades), o pot actuar negativament quan és molt alta (Berdalet *et al.* 2007). Canvis en la seva intensitat interaccionen

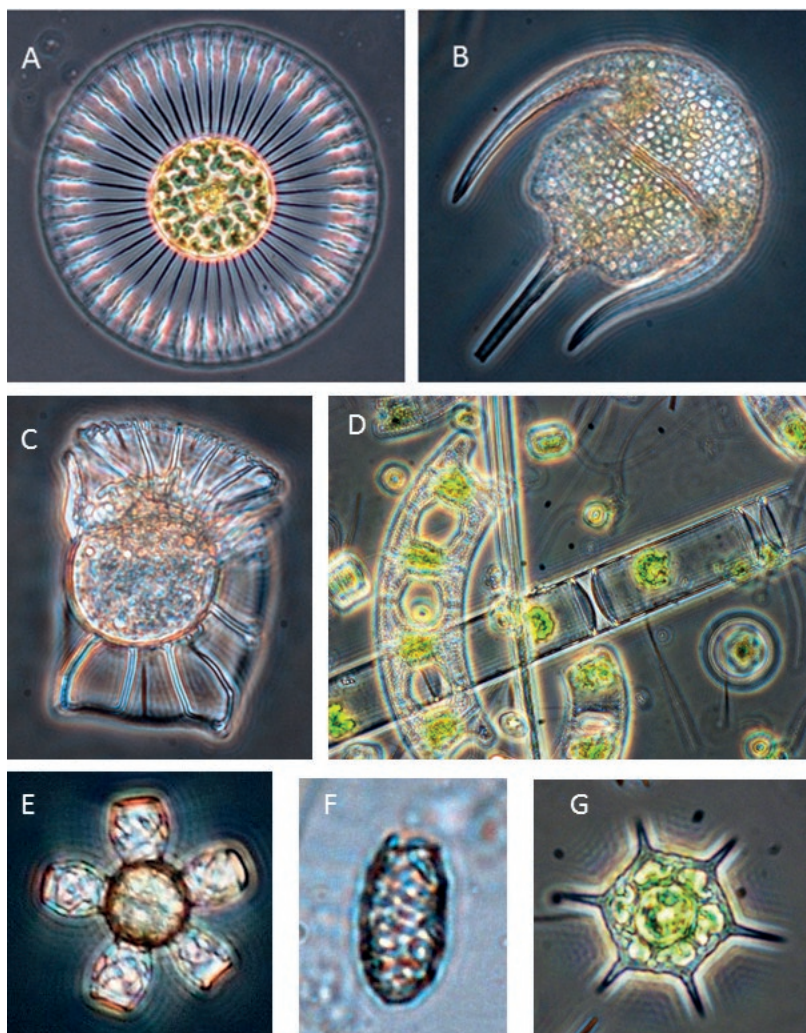


Figura 1. Diversitat de formes en el fitoplàncton (fotografies a microscopi òptic). A, D, diatomees; B, C, dinoflagel·lades; E, F, coccolitòfors; G, silicoflagel·lada. El diàmetre de les cèl·lules oscil·la entre poc més d'uns 10 micròmetres en E i F, i més de 100 micròmetres a B i C (Fotos: M. Estrada).

amb la motilitat, forma i grandària cel·lular o de les colònies de cèl·lules i ajuden a mantenir una elevada diversitat específica (figura 1).

Per al zooplàncton, proveït de microsensors químics i del moviment, la turbulència pot representar un augment de la ingestió d'aliment (major freqüència de contacte amb partícules alimentàries), o afectar la localització d'una possible parella esborrant els rastres de feromones que deixen les femelles com a senyal. També pot provocar confusions del moviment turbulent amb distorsions en el moviment de l'aigua generades per possibles preses o depredadors, induint

l'atac o augmentant la freqüència de reaccions d'escapament, que tenen un alt consum metabòlic (figura 2). Altres efectes de la turbulència són l'alteració de la proporció entre sexes, amb més abundància de mascles, i la reducció de la grandària mitjana dels individus (Saiz 1991).

Turbulència i plàncton en un oceà més càlid

El canvi climàtic ja en marxa prediu un Oceà futur no només més càlid, sinó també exposat a una major freqüència i intensitat

d'episodis atmosfèrics altament energètics que generen turbulència. Ambdues variables, temperatura i turbulència, no només són anàlogues en la seva naturalesa (desordre molecular la temperatura, desordre hidrodinàmic la turbulència), sinó que provoquen respostes molt similars en algunes propietats i activitats fonamentals dels organismes.

L'increment combinat de turbulència i temperatura suposa, entre altres efectes, una major activitat metabòlica, un augment de les taxes d'ingestió, i una reducció en la grandària mitjana dels individus. Això últim té un efecte acumulatiu sobre el metabolisme, ja que les taxes metabòliques per unitat de biomassa són inversament proporcionals a la mida individual.

Mentre se sap que les funcions vitals són només possibles entre uns marges de variabilitat de la temperatura inversament proporcionals a la complexitat de l'organisme o funció, i que la resposta de l'activitat té forma de campana (augmenta amb la temperatura fins a un valor òptim a partir del qual decreix), es desconeix la dinàmica dels processos en el cas de la turbulència. A més, experiments de laboratori demostren que la turbulència incrementa el quocient entre el carboni produït pel fitoplàncton i el respirat per tota la comunitat (Alcaraz *et al.* 2002). Encara que part de les conseqüències d'un augment de temperatura s'amplificarien per la similitud dels efectes derivats de la turbulència, el paper d'aquesta última en el balanç producció/respiració introdueix una nova incògnita, per la qual cosa s'ha de tenir en compte en els models predictius d'un futur Oceà més càlid.

Referències

Alcaraz M., Marrasé C., Peters F., Arin L., Malits A. 2002. Effects of the turbulence conditions on the balance between production and respiration in marine planktonic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 242: 63-71.

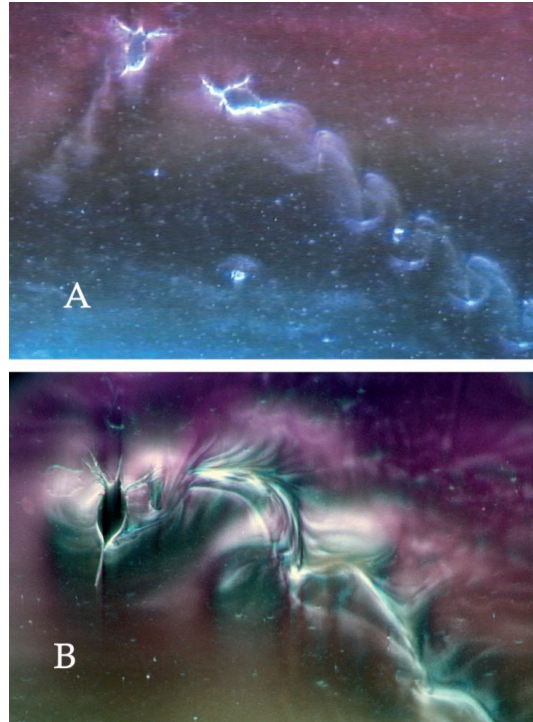


Figura 2. emprentes o pistes hidrodinàmiques creades per la natació de zooplàncton. A, d'un copèpode carnívor perseguint una presa, i la d'aquesta abans de percebre el senyal de depredador i escapar. B, reacció d'escapament de la presa, un cladòcer d'aigua dolça (Òptica de Schlieren, Foto: J.R. Strickler).

- Berdalet E., Peters F., Koumandou V.L., Roldán C., Guadayol Ò., Estrada M. 2007. Species-specific physiological response of dinoflagellates to quantified small-scale turbulence. *J. Phycol.* 43: 965-977
- Estrada M., Marrasé C., Alcaraz M. 1988. Phytoplankton response to intermittent stirring and nutrient addition in marine microcosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 48: 225-234.
- Marrasé C., Saiz E., Redondo J.M., eds. 1997. Lectures on plankton and turbulence. *Sci. Mar.* 61 (Suppl. 1). 238 pp.
- Saiz E. 1991. Importància de l'energia auxiliar en la dinàmica dels sistemes pelàgics: Turbulència i zooplàncton. PhD thesis, UB. 154 pp.

DOI: <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/14091>