

**EL PROBLEMA
DE LES PROLIFERACIONS
DE MICROALGUES
AL LITORAL CATALÀ,
A CÀRREC
D'ESTHER GARCÉS,
DE L'INSTITUT DE
CIÈNCIES DEL MAR, CSIC**

1. QUÈ ÉS UN *BLOOM* DE MICROALGUES?

La caracterització general d'una proliferació d'algues és difícil, ja que l'escala i el patró de les proliferacions són molt variables. Algunes estan localitzades en ports, badies i estuaris; mentre que d'altres s'estenen al llarg de molts quilòmetres. Algunes proliferacions són recurrents anualment, mentre que d'altres ho fan d'una manera aparentment arbitrària. La durada és molt variable; algunes duren pocs dies, d'altres duren mesos. Quant a les densitats que atenyen les proliferacions també són variables, cosa que en condiciona els efectes, l'interès i la mateixa qualificació. D'altra banda, hi ha espècies no tòxiques que poden ser nocives quan s'acumulen en un nombre suficient (milions per litre) i afecten la qualitat de l'aigua. A l'altre extrem, hi ha les espècies tòxiques; encara que poden ser una part molt petita de la fracció del fitoplàncton total, són nocives. Per exemple, les concentracions d'organismes associats a la toxicitat de DSP (acrònim anglès que fa referència a l'enverinament diarreic per consum de mol·luscs bivalves) poden ser de 100 cèl·lules per litre. Els termes científics que avui s'utilitzen a l'hora de parlar de proliferacions massives d'algues són *bloom*, *red tide*, *proliferation* i *harmful algal bloom* (HAB), que representen diverses situacions en què moltes vegades una densitat elevada ($>10^4$ organismes l⁻¹) no és un requisit per parlar d'una proliferació d'algues nocives (HAB). El terme HAB va emergir a la First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms el 1974, i inclou les proliferacions d'algues tòxiques, nocives o perjudicials (*toxic*, *noxious* i *nuisance*). En el concepte, entren, a banda de les proliferacions nocives de dinoflagel·lades, les proliferacions de diatomees i cianobacteris.

2. IMPORTÀNCIA SOCIOECONÒMICA DE LES PROLIFERACIONS DE MICROALGUES MARINES

De les aproximadament 5.000 espècies de fitoplàncton marí descrites fins avui (Sournia *et al.*, 1991), unes 300 poden donar lloc a altes densitats cel·lulars que tenyeixen l'aigua, però només 40 espècies tenen la capacitat de produir toxines potents que poden arribar als humans mitjançant el consum de peix i marisc. A causa de la toxicitat associada en algunes espècies, els fenòmens de les proliferacions massives creen seriosos problemes econòmics i de salut en àrees localitzades. Les HAB tenen freqüentment conseqüències d'abast notable i de forta repercussió socioeconòmica, per exemple mortalitat en peixos, acumulació de toxines en els òrgans dels mol·luscs bivalves (musclos, ostres) que filtren el plàncton, i trastorns digestius i toxicitat a la persona que els consumeix (Shumway, 1990; Samayda *et al.*, 1993). Entre els organismes potencialment tòxics s'inclouen els productors de PSP (enverinament paralitzant per consum de mol·luscs bivalves), DSP (enverinament diarreic per consum de mol·luscs bivalves), NSP (enverinament neurotòxic per consum de mol·luscs bivalves) i ASP (enverinament amnèsic per consum de mol·luscs bivalves). Els musclos, ostres i altres bivalves filtradors són generalment poc sensibles als efectes de les toxines, i les acumulen als teixits cel·lulars. Les depuracions d'aquests organismes serveixen fonamentalment per a netejar els bivalves dels bacteris i de les partícules que té en el sistema digestiu. Però la depuració habitual de curta durada no dona temps a eliminar les toxines. D'altra banda, les toxines són termoestables, és a dir, no es destrueixen amb la calor. La prevenció d'incidents de toxicitat s'ha de basar, per tant, en la prevenció del consum en cas d'existència de toxina. Els mecanismes de control estan regulats per la llei i es prohibeix la comercialització del producte quan presenta risc.

3. PROLIFERACIONS DE HAB A LA COSTA CATALANA

Cal una combinació adequada de diversos factors físics, químics i biològics per a donar lloc al desenvolupament i la persistència de les proliferacions de les dinoflagel·lades, entre les quals destaquen: suficient llum i temperatura, nutrients i adequada permanència espacial i temporal del medi en relació amb la taxa de divisió dels organismes que es concreta en una estabilitat suficient horitzontal i vertical de la massa d'aigua. Tant en l'aigua dolça com en la marina s'ha donat importància al paper de l'estabilitat vertical i horitzontal de la columna d'aigua com a factor per a l'establiment i la persistència de les poblacions formadores de proliferacions.

En les nostres costes, la llum i la temperatura en aigües superficials són factors menys limitadors que les condicions de concentració alta de nodriment i poca turbulència durant un cert temps, que constitueix una situació poc habitual si no hi ha un subministrament seguit dels elements necessaris en un lloc adequat. En la zona costanera, els estuaris i les llacunes litorals compleixen aquestes condicions. El mateix passa amb altres zones semitancades, com els ports comercials i esportius. Moltes d'aquestes àrees mostren signes d'eutrofització a causa de les descàrregues de nutrients i tenen una permanència suficient de la massa d'aigua, per tant, sovint s'hi desenvolupen proliferacions massives de fitoplàncton. Per això, en la dinàmica del fitoplàncton, la zona costanera, les badies, estuaris, llacunes litorals i ports són determinants. En el cas dels estuaris, les masses d'aigua estan delimitades per la terra que les envolten, però també estabilitzades per estructures de densitat que amb unes circumstàncies meteorològiques escaients poden tenir llargues persistències; com que, a més, reben força aportacions terrestres riques en nitrogen i fòsfor resultat d'activitats antròpiques, urbanes, industrials o agrícoles, el creixement del

fitoplàncton està molt estimulat. El fenomen de proliferacions massives de dinoflagel·lades és, doncs, corrent als estuaris, i és normal que una part siguin proliferacions tòxiques. Com que en aquestes zones solen haver-hi també activitats d'aqüicultura, el problema transcendeix del camp de la biologia marina i entra en el de la sanitat pública.

El confinament de l'aigua que es dona a causa de les obres costaneres, com per exemple la construcció de ports, marines, esculleres, etc., afavoreix igualment les proliferacions de dinoflagel·lades, que en molts casos tenen un caràcter recurrent per l'efecte de la conservació de cists de resistència i/o la poca dilució de les poblacions.

Així doncs, el control del fitoplàncton tòxic ha de fer-se no només en àrees d'aqüicultura sinó també en zones en què es poden donar.

Sembla que el fet diferencial de les zones que poden afavorir la formació de proliferacions massives és que tinguin permanències d'aigua superiors a una setmana, escala de temps en què els processos biològics (per exemple, el creixement), esdevenen importants. L'estabilitat de l'aigua en aquestes zones va molt lligada a processos d'escala petita, en contra de processos d'escala mitjana, com poden ser fronts, afloraments, etc. Les visions dels fenòmens d'aflorament d'aigües profundes associats a les marees vermelles de les costes de Galícia, per exemple, no poden ser aplicades en una zona com la nostra. En el Mediterrani, tot i reconeixent la importància que poden tenir fenòmens de gran escala (com ara la fertilització hivernal per barreja vertical al trencament de la piconclina) o d'escala mitjana (com els fenòmens de front costaner), s'ha de donar importància a les visions d'escala petita lligades a les aportacions del continent en zones confinades afectades pel baix intercanvi que permet un mar sense grans marees. A casa nostra, les badies del delta de l'Ebre, els ports, les platges més o menys confinades, són exem-

ples d'ambients amb les condicions adequades per a les proliferacions massives de dinoflagel·lades. A través de l'estudi de totes aquestes zones es poden arribar a entendre els fenòmens de proliferacions massives a la Mediterrània.

En el cas de la costa catalana, seguidament s'exposen exemples de proliferacions de microalgues i d'ambients on es donen. Comencem pels organismes tòxics presents que inclouen els productors de PSP i DSP.

Alexandrium catenella es considera la dinoflagel·lada tòxica per PSP més important de la costa catalana. *A. catenella* està distribuïda molt àmpliament en aigües temperades. En el Mediterrani, Margalef i Estrada (1987) havien descrit la presència de l'organisme en aigües oceàniques com a espècie rara. Des de la primera detecció al port de Barcelona el 1996, hi ha evidències d'increment en abundància i de difusió geogràfica per la costa catalana. La primavera de 1998, va haver-hi la primera proliferació tòxica descrita en el Mediterrani, no només en ports sinó també en aigües de mar obert, que es va repetir l'estiu de 1999 (Vila *et al.*, 2000).

Alexandrium minutum, que és una dinoflagel·lada tòxica per PSP, es distribueix molt àmpliament en aigües del Mediterrani (Delgado *et al.*, 1990). La primera detecció a la costa catalana va ser l'any 1989 al port de Sant Carles de la Ràpita, i va ser present a la badia dels Alfacs amb uns nivells de toxicitat que excedien el nivell permès en musclos. Després d'aquest incident, *A. minutum* s'ha registrat cada any a la badia dels Alfacs durant els mesos d'hivern i en nombrosos ports, on la recurrència de les proliferacions és molt evident.

Alexandrium tamarense s'ha trobat en diferents ocasions, però no ha causat mai fenòmens de toxicitat.

S'han registrat diverses dinoflagel·lades productores de DSP a la nostra àrea, tant en mar obert com en aigües costaneres. Entre aquestes, cal destacar el gènere *Dinophysis*, les

quals són presents normalment en baixes concentracions (100 cèl·lules l-1). Entre les espècies registrades més freqüentment hi ha: *D. acuta*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. ovum*, *D. rotundata*, *D. sacculus* i *D. tripos*. *D. sacculus* és l'espècie més freqüent i abundant en l'àrea costanera (concentracions fins a 2.000-3.000 cèl·lules/l-1, i ocasionalment per sobre de 10⁴ cèl·lules/l-1).

Altres dinoflagel·lades, potencialment productores de DSP, a l'àrea són *Prorocentrum lima*, *P. mexicanum* i *Ostreopsis* sp. L'espècie epífita *P. lima* i *Ostreopsis* s'han observat freqüentment, però sempre en baixes concentracions. L'any 1995, el *P. mexicanum* va ser observat amb concentracions per sobre de 10⁵ cèl·lules/l-1 al port de Palamós.

Fins a la primera descripció d'un esdeveniment tòxic per a les persones degut a ASP (1987 al Canadà) es creia que les biotoxines eren produïdes únicament per dinoflagel·lades, i les diatomees no s'havien considerat una font potencial. L'agent causant d'ASP són diatomees, principalment del grup de les *Pseudo-nitzschia*. A partir d'aquí es va detectar toxicitat per ASP en altres indrets del món (golf de Mèxic, Dinamarca, Nova Zelanda i, darrerament, al Mediterrani). Encara que a la costa catalana hi ha l'espècie *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* descrita com a tòxica al Canadà, *P. pungens*, coneguda com a potencialment tòxica arreu, i *P. delicatissima*, no s'ha demostrat toxicitat. En algunes espècies de *Pseudo-nitzschia*, la toxicitat o no-toxicitat sembla que és present en la mateixa morfoespècie, fet que suggereix una variabilitat genètica entre soques.

La majoria de les proliferacions que causen descoloracions de l'aigua registrades en la costa catalana són reduïdes en espai i temps. Són fenòmens locals, en ambients semi-confinats com els ports, que duren normalment entre dos i tres setmanes, però també se'n donen algunes de gran abast que poden afectar molts quilòmetres de costa. Així descolora-

cions reduïdes degudes a les dinoflagel·lades són produïdes per: *Peridinium quinquecorne*, *Glenodinium foliaceum*, *Heterocapsa triquetra*, *Scropsiella* sp., *Prorocentrum triestinum*, *P. minimum* i *P. micans*. Descoloracions més extenses són les provocades per *Gyrodinium impudicum*. Les marees roges de *G. impudicum* es detecten periòdicament a la costa catalana; es considera un fenomen extensiu (més de 100 km) i varen ser detectades recentment. L'episodi més evident va ser a l'estiu de 1992, en què una marea roja extensa de *G. impudicum* formava bandes paral·leles a la costa i s'acumulava en molts ports, que van quedar tenyits de color vermellós.

Un cas particular són les proliferacions d'*Alexandrium taylori*. La dinoflagel·lada és present en moltes cales de la Costa Brava durant els mesos d'estiu, però en algunes fa proliferacions massives (concentracions més grans 10^6 cèl·lules/l⁻¹) i recurrents, que provoquen descoloracions de les aigües (color marronós verdós) a les platges afectades, com ara la Fosca (Palamós) i Sant Pol (Calonge). Les característiques que defineixen la proliferació com un fenomen particular són que és un fenomen recurrent, de llarga durada (dos mesos) i que es dona en un lloc relativament obert (Garcés *et al.*, 1998). Els registres assenyalen que la proliferació és recurrent des de 1994, però hi ha informació local que descriu el fenomen des dels anys vuitanta. Des de l'inici del fenomen, que va generar un malestar notable, fou malinterpretat com una fuita d'aigua residual no controlada. La situació es va prolongar durant vuit anys, amb les despeses i la controvèrsia lògica, fins que es va normalitzar després de l'estudi del fenomen.

Encara que les descoloracions de dinoflagel·lades es donin en la majoria dels casos durant l'estació més càlida, hi ha proliferacions de dinoflagel·lades durant l'hivern, com és el cas de la *Gyrodinium corsicum* durant els mesos de desembre a març (des de 1994). La proliferació de la *G. corsicum* a la badia dels Alfacs ha anat acompanyada per mortalitat de

peixos d'aqüicultura (*Sparus aurata*), mol·luscs (*Mitylus galloprovincialis*) i fauna salvatge (Delgado *et al.*, 1999; Garcés *et al.*, 1999). Aquest ha estat el primer registre a la nostra costa de mortalitat de peix associada a una proliferació de dinoflagel·lades.

Com s'ha vist en el repàs dels esdeveniments a la costa catalana, la incidència de les proliferacions no és només un problema sanitari ocasional o poc freqüent, sinó que també és ambiental, com el cas de platges afectades per proliferacions massives, com la Fosca, any rere any.

4. INCREMENT GLOBAL DE LES PROLIFERACIONS DE MICROALGUES MARINES

En les dues dècades passades, els impactes de les HAB en l'economia i la sanitat pública han augmentat aparentment en freqüència, intensitat i distribució geogràfica. L'increment global ha estat un tòpic recurrent de discussió en totes les conferències internacionals de proliferacions massives d'algues nocives (Hallegraeef, 1993). S'han donat quatre explicacions principals per a aquest increment aparent de les proliferacions d'algues: increment de l'estudi i coneixement de les espècies, increment en la utilització de les aigües costaneres per l'aqüicultura, estimulació de les proliferacions de fitoplàncton per l'eutrofització humana deguda a accions directes o indirectes, i increment en la dispersió geogràfica de les espècies a causa, per exemple, del transport dels cists de resistència en l'aigua de llast dels vaixells o associat a la translocació dels estocs de mol·luscos d'una àrea a una altra.

En el cas del Mediterrani, on s'han detectat nombroses proliferacions de dinoflagel·lades, especialment de les espècies *Alexandrium*, els últims cinquanta anys (Vila *et al.*, 2000) sembla que hi ha un increment. Hi ha, a més dels

aspectes esmentats, un aspecte que pot afavorir aquest increment, que ha estat poc considerat i que juntament amb les característiques del Mediterrani (àrea molt poblada i un mar sense mares) pot ser rellevant. Aquest aspecte es basa amb l'habilitat de les dinoflagel·lades per colonitzar, establir-se i proliferar en habitats creats o modificats per l'activitat humana, com ara ports i platges modificades (Garcés, 2000). Amb aquesta hipòtesi de treball es va demanar un projecte europeu, recentment concedit, l'Strategy. El projecte se centra en la Mediterrània i es treballa amb les espècies del gènere *Alexandrium*, per aconseguir un conjunt de dades que permeti la comparació de les diferències i dels aspectes comuns entre aquest esdeveniments amb la finalitat d'entendre el mecanisme de formació de les proliferacions i començar ser capaços de predir-ne l'ocurrència.

5. CAP ON ANEM?

Com diu Jenkinson (2000), al començament de la investigació de les HAB, no hi havia cap *m*. Ara n'hi ha tres: monitoratge, gestió (*management*) i mitigació. Tots hem començat fent monitoratge: prenent les mostres i aprenent la base al voltant de les proliferacions, intentant entendre l'ocurrència i la dinàmica de les algues que les causen. Després s'ha començat a fer gestió: aprendre els passos per a prevenir. Aquests passos inclouen punts com fer campanya d'informació (per al públic en general o per a grups, com els aqüicultors), planejar estratègies de mostreig i selecció de llocs o prendre mesures per controlar la introducció i trasllat d'organismes marins (aqüicultura, aigua de llast).

En el cas de la costa catalana, l'estratègia actual es basa en la assumpció del model de generació de mares roges al Mediterrani exposada abans, a partir d'interaccions con-

cretes i en llocs concrets. El sistema de monitoratge dels ports ha aportat resultats molt bons. A partir d'una certa fe en els models bàsics, s'ha dissenyat un sistema de monitoratge adequat, que mitjançant millores successives basades en l'experiència han assolit una notable capacitat predictiva.

Més recentment, internacionalment, s'ha començat a fer mitigació (reducció dels efectes de les HAB). Mentre que la proliferació de les HAB és un seriós problema que augmenta, fins ara els científics i les agències han investigat poc sobre les possibles estratègies de control, però sembla que s'està canviant. Així doncs, l'objectiu dels estudis ara és fer una gestió eficaç i portar a terme una bona investigació per a entendre'n les causes, predir les ocurrencies i mitigar els efectes de les HAB. En el cas de la costa catalana, i en general al Mediterrani, l'increment de les proliferacions de dinoflagel·lades té molt a veure amb la manera que gestionem el mar. Un camí per a evitar-ne l'increment és considerar tots els factors implicats en les proliferacions.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO, M.; ALCARAZ, M. (1999). «Interactions between red tide microalgae and herbivorous zooplankton: the noxious effects of *Gyrodinium corsicum* (Dinophyceae) on *Acartia grani* (Copepoda : Calanoida)». *Journal of Plankton Research*, núm. 21, p. 2361-2371.
- DELGADO, M.; ESTRADA, M.; CAMP, J.; FERNÁNDEZ, J.V.; SANT-MARTÍ, M.; LLETÍ, C. (1990). «Development of a toxic *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) bloom in the harbour of Sant Carles de la Rápita (Ebro Delta, north-western Mediterranean)». *Scient. Mar.*, núm. 54, p. 1-7.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; MASO, M.; CAMP, J. (1998). «Life history and in situ growth rates of *Alexandrium taylori*

- (*Dinophyceae, Pyrrophyta*)». *J. Phycol.*, núm. 34, p. 880-887.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; MASO, M.; CAMP, J. (1999). «In situ growth rate and distribution of the ichthyotoxic dinoflagellate *Gyrodinium corsicum* Paulmier in an estuarine embayment (Alfacs Bay, NW Mediterranean Sea)». *J. Plankton Res.*, núm. 21, p. 1977-1991.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; VILA, M.; CAMP, J. (1998). An *Alexandrium minutum* bloom: *in situ* growth or accumulation? A: REGUERA, B.; BLANCO, J.; FERNÁNDEZ, M. L.; WYATT, T. [ed.]. *VIII International Conference on Harmful Algae*. Vigo: Xunta de Galicia: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, p. 167-170.
- GARCÉS, E. M.; VILA, M.; CAMP, J. (2000). «Interactions between coastal water areas created or modified by human activity and harmful algae adaptation strategies». *ICES Cooperative research report on the young scientist conference on Marine Ecosystem Perspectives*, núm. 240, p. 73.
- MARGALEF, R.; ESTRADA, M. (1987). «Synoptic distribution of summer microplankton (*Algae* and *Protozoa*) across the principal front in the Western Mediterranean.». *Inv. Pesq.*, p. 121-140.
- SHUMWAY, S. A. (1990). «A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture». *J. World Aquac. Soc.*, núm. 21, p. 65-104.
- SMAYDA, T. J.; SHIMIZU, Y. (1993). *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Amsterdam: Elsevier. 952 p.
- SOURNIA, A.; CHRETIENNOT-DINET, M.; RICARD, M. (1991). «Marine phytoplankton: how many species in the world ocean?». *J. Plankton Res.*, núm. 13, p. 1093-1099.
- VILA, M.; CAMP, J.; GARCÉS, E.; MASÓ, M.; DELGADO, M. (2000). «High spatio-temporal detection of HABs in confined waters in the NW Mediterranean: implications for monitoring programs». *9th International Conference on*

Harmful Algal Blooms. Hobart, Tasmània (Austràlia). [En premsa]

VILA, M.; GARCÉS, E.; MASÓ, M.; CAMP, J. (2001). «Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along the NW Mediterranean coast?». *Marine Ecology Progress Series*. [En premsa]

